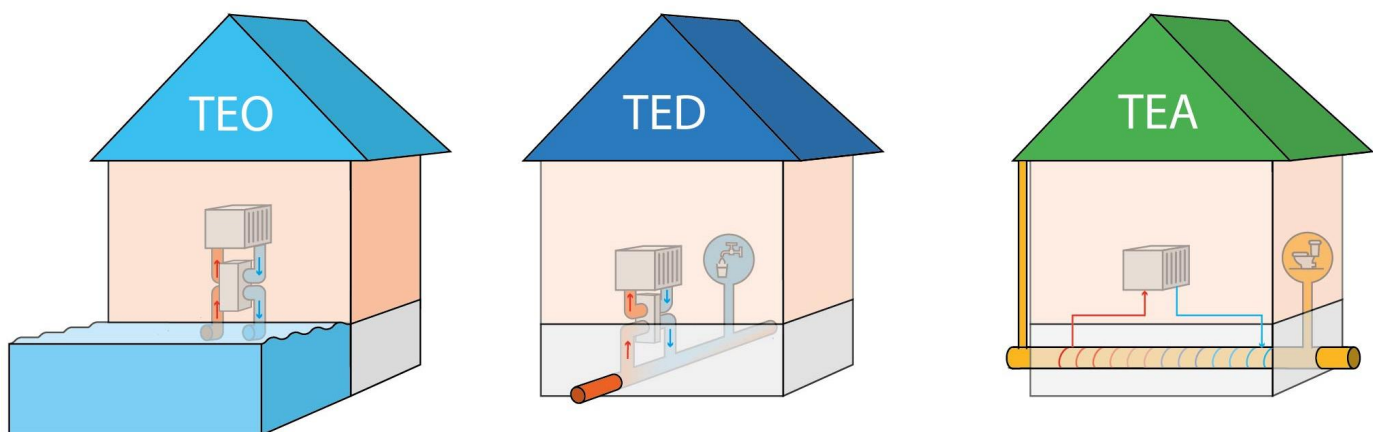


WARMINGUP

Innovatief Duurzaam Warmtecollectief



Aquathermie configuraties

Overzicht TEO, TED en TEA door middel van factsheets, kostenkentallen en beslisbomen



Auteurs: Anton de Fockert (Deltares), Ruben Cardose (Techniplan), Rik Molenaar (Techniplan), Benno van der Werff (IF Technology), Hette de Vlieger (IF Technology), Bas Godschalk (IF Technology), Barry Meddeler (Syntraal), Simon Bos (Syntraal), Frank Oesterholt (KWR), Andreas Moerman (KWR)

7 mei 2021

Review: Ronald Roosjen (Deltares), Gerda Lenselink (Deltares)

Dit project is uitgevoerd als onderdeel van het Innovatieplan WarmingUP. Dit is mede mogelijk gemaakt door subsidie van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) in het kader van de subsidieregeling Meerjarige Missiegedreven Innovatie Programma's (MMIP), bij RVO bekend onder projectnummer TEUE819001. WarmingUP geeft invulling aan MMIP-4 – Duurzame warmte en koude in gebouwde omgeving en levert daarmee een bijdrage aan Missie B – Een CO₂-vrije gebouwde omgeving in 2050.

Projectnummer
11205156

Keywords
aquathermie configuraties, TEO, TED, TEA

Jaar van publicatie
2021

Meer informatie
Anton de Fockert
T 06 469 111 71
E anton.defockert@deltares.nl

05/2021 ©

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevens bestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
1.1 Doelstelling	7
1.2 Aanpak	8
1.3 Afbakening	8
1.4 Leeswijzer	8
2 Configuraties TEO	10
2.1 Overzicht TEO systemen	10
2.1.1 Overzicht TEO systemen tot en met mei 2020	10
2.1.2 Lijst met systeemkenmerken	11
2.1.3 Geselecteerde representatieve TEO systemen	11
2.2 Kostenkennallen TEO systemen	13
2.2.1 Overzicht hoofdcomponenten	13
2.2.2 kostenramingen per component	13
2.2.2.1 Het inlaatwerk	13
2.2.2.2 Het voorfilter	14
2.2.2.3 De pomp	14
2.2.2.4 Het fijn filter	14
2.2.2.5 De warmtewisselaar	14
2.2.2.6 Het leidingwerk	15
2.2.2.7 Overige onderdelen (appendages, bemetering etc.)	15
2.2.2.8 De regeltechniek	16
2.2.2.9 Energiecentrale	16
2.2.2.10 WKO-installatie	17
2.2.3 kostenramingen per systeem	17
2.2.3.1 Kostenraming voorbeeldproject Techniplan Adviseurs	17
2.2.3.2 Kostenraming voorbeeldproject IF Technology	18
2.3 Beslisboom TEO systemen	18
3 Configuraties TED	20
3.1 Achtergrond drinkwater	20
3.1.1 Productie en distributie van (drink)water	20
3.1.2 Temperatuur van drinkwater	21
3.1.3 TED in relatie tot ongewenste opwarming van drinkwater	22
3.2 Overzicht TED systemen	22
3.2.1 Generiek beeld TED-systeem	22
3.2.2 Configuraties	23
3.2.3 Overzicht bestaande TED systemen	23
3.2.4 TED in combinatie met WKO	24
3.2.5 Voor- en nadelen van TED	25

3.2.6	Generieke technische aspecten	25
3.3	Kostenkentalen TED systemen	26
3.3.1	Schaalbaarheid	26
3.3.2	Overzicht kostencomponenten TED-installaties	27
3.3.3	Kosten van TED-systemen	27
3.4	Beslisboom TED systemen	28
4	Configuraties TEA	30
4.1	Overzicht TEA systemen	30
4.1.1	Representatieve TEA systemen	30
4.1.2	Rioolwarmtewisselaars	30
4.1.2.1	Rioolwarmtewisselaar vrijverval rioolleiding	31
4.1.2.2	Rioolwarmtewisselaar persleiding	33
4.2	Factoren die invloed hebben op de efficiëntie van een rioolwarmtewisselaar	34
4.2.1.1	Veroudering van de rioolwarmtewisselaar	34
4.2.1.2	Biofilm vorming	34
4.2.1.3	Sedimentatie	35
4.3	Kostenkentalen TEA systemen	36
4.3.1.1	Overzicht	36
4.4	Beslisboom TEA systemen	36
	Referenties	37
	TED systemen	37
	TEA systemen	37
	Bijlage 1 : Overzicht bestaande TEO systemen	38
	Bijlage 2 : Factsheets TEO	41
	Bijlage 3 : Factsheets TED	42
	Bijlage 4 : Factsheets TEA	43
	Bijlage 5 : Beslisboom TEO	44
	Bijlage 6 : Beslisboom TED	45
	Bijlage 7 : Beslisboom TEA	46

Samenvatting

Als onderdeel van het WarmingUP onderzoeksprogramma (project 3C) zijn er overzichten gemaakt van de verschillende configuraties van aquathermie: TEO, TED en TEA. Deze overzichten zijn gemaakt op basis van kennis en ervaringen van bestaande aquathermie-systemen door middel van factsheets. Daarnaast zijn er kostenkennallen gegeven voor de verschillende systeemcomponenten van aquathermie-systemen en zijn er beslisbomen ontwikkeld die inzicht geven in de stappen die gemaakt moeten worden om tot een definitief ontwerp te komen.

Aquathermie technieken

Bij alle technieken van aquathermie wordt er warmte of koude gewonnen uit het water. Het water wordt langs een warmtewisselaar geleid waarna het weer wordt geloosd. De gangbare techniek, de grootste voordelen en grootste uitdagingen van TEO, TED en TEA toepassingen zijn weergegeven in de onderstaande tabel. Al deze aquathermietechieken kunnen worden toegepast als regeneratie voor Warmte-Koude opslag (WKO) of als rechtstreekse warmtelevering.

	Gangbare techniek	Voordelen	Uitdagingen
TEO	water wordt ingenomen uit oppervlaktewater, wordt gefilterd waarna het door de warmtewisselaar stroomt en wordt geloosd	- breed toepasbaar - grote potentie	vervuiling van het systeem door waterinname uit het oppervlaktewater
TED	water stroomt via een bypass in het drinkwaterleidingnet langs een warmtewisselaar	water is al voorgezuiverd, waardoor er weinig vervuiling optreedt	- afhankelijk van bestaande drinkwater infrastructuur - regelgeving drinkwaterkwaliteit (temperatuur) beperkt de maximale onttrekking
TEA	warmtewisselaar in of om de rioolbuis. Indien de warmtewisselaar om de rioolbuis zit functioneert het ook deels als bodemwarmtewisselaar	constante temperatuur afvalwater	afhankelijk van bestaande riolering of vernieuwing hiervan

Specifieke projectvoorbeelden van TEO, TED en TEA zijn beschreven in een representatief aantal factsheets. Voor TEO zijn 9 projecten uitgewerkt in factsheets, voor TED zijn er 3 projecten uitgewerkt in factsheets en voor TEA zijn er 5 projecten uitgewerkt. Deze factsheets geven een breed overzicht van aquathermie systemen in de praktijk, en wat daarbij komt kijken.

Kostenkennallen

Voor de TEO, TED en TEA systemen zijn in de verschillende deelrapportages kostenkennallen gegeven. Deze kostenkennallen zijn gericht op de kosten van de bron. Voordat warmte van aquathermie kan worden toegeleverd aan een warmtenet, moeten de posten voor opslag, de warmtepomp en de piekvoorziening ook worden meegenomen. De CAPEX van deze posten zijn alleen gespecificeerd in het hoofdstuk over de TEO systemen.

In de totaalprijs van een aquathermiesysteem zijn de kosten voor de energiecentrale (onderhoud en verbruikskosten) dominant en zijn de kosten voor het aquathermiesysteem met of zonder opslag beperkt. Om hier meer duidelijkheid over te geven zal er in WarmingUP (project 3C) verder onderzoek worden gedaan om dit meer inzichtelijk te maken.

De deelhoofdstukken van TEO, TED en TEA geven een globale beschouwing voor de kostprijs bij opschaling. Bij al deze technieken wordt opgemerkt dat door een grootschaligere toepassing en door grotere systemen het waarschijnlijk is dat de prijs van aquathermiesystemen zal dalen. Echter doordat het waarschijnlijk is dat bij opschaling meerdere systemen parallel zullen gaan draaien ligt een grote kostenbesparing niet in de lijn der verwachting. Bij TEA en TED systemen is opschaling daarnaast vaak afhankelijk van de leidinglengte, de leidingdiameter en de hoeveelheid water dat beschikbaar is voor energiewinning. De kostenkennallen zoals beschreven in dit rapport zijn een startpunt voor kostenbepaling van nieuwe projecten.

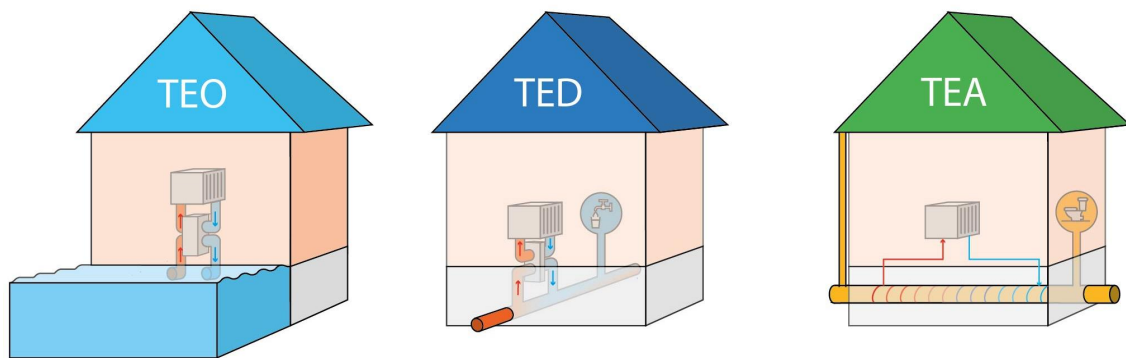
Beslisbomen

Voor zowel TEO, TED en TEA systemen zijn beslisbomen ontwikkeld welke inzicht geven in de technische randvoorwaarden van het aquathermiesysteem. De beslisbomen zoals ontwikkeld geven inzicht in:

- De globale haalbaarheid van aquathermie door middel van potentiekaarten
- De dimensionering van het aquathermiesysteem door onderzoek naar vraag en aanbod
- De detaillering van het ontwerp via het proces (vergunningstrajecten e.d.) en de techniek (ontwerpaspecten).

1 Inleiding

In Nederland is er een netto warmtevraag in de gebouwde omgeving. Aquathermie kan als warmtebron een belangrijke bijdrage leveren aan deze warmtevraag. Aquathermie wordt al in verschillende vormen toegepast en door de ruime beschikbaarheid van water in Nederland zou het op grote schaal kunnen worden toegepast. Er zijn verschillende manieren om warmte uit het water te onttrekken. Een manier is om warmte uit het omgevingswater te onttrekken. Deze methode is beter bekend als TEO (thermische energie uit oppervlakte water). Daarnaast is het ook mogelijk om warmte uit drinkwater (TED) en afvalwater te onttrekken (TEA). Het berekende technisch potentieel van de verschillende bronnen om bij te dragen aan de warmtevraag is voor TEO zo'n 43%, terwijl het voor TEA zo'n 16% is en voor TED zo'n 1%¹.



Figuur 1: principe schets thermische energie uit oppervlaktewater (TEO), thermische energie uit drinkwater (TED) en thermische energie uit afvalwater (TEA).

Tot op heden zijn er een kleine 100 aquathermiesystemen aangelegd en zijn er nog veel meer systemen in de planfase. Om inzicht te geven aan ontwikkelaars van TEO, TED en TEA systemen wordt in deze rapportage een overzicht gegeven van de technische eigenschappen van de reeds ontwikkelde aquathermiesystemen, zodat het voor een breed publiek duidelijk wordt hoe deze aquathermiesystemen er uit zien, hoe de systemen worden ingezet, waar ze worden toegepast, en wat de belangrijkste aandachtspunten zijn bij de verschillende systeemcomponenten.

1.1 Doelstelling

Het doel van dit deelrapport van WarmingUP (project 3C) is het presenteren van de kennis van het ontwerp en kosten van bestaande aquathermiesystemen als inzicht voor toekomstige ontwikkelingen van aquathermie. Daarnaast geeft deze rapportage inzicht in de belangrijkste aandachtspunten van de verschillende systeemcomponenten en geeft het een inzicht in de gebruikservaringen in de praktijk.

¹ <https://www.ce.nl/publicaties/2171/nationaal-potentieel-van-aquathermie>

1.2 Aanpak

Om de opgedane kennis van de reeds bestaande aquathermiesystemen te bundelen, zijn er overzichten opgesteld door een kennisinstituut en door adviesbureaus met ervaring van de desbetreffende aquathermie systemen:

- Het overzicht van TEO systemen is beschreven door het consortium van IF Technology en Techniplan adviseurs
- Het overzicht van TED systemen is beschreven door kennisinstituut KWR.
- Het overzicht van TEA systemen is beschreven door Syntraal

Deze partijen hebben aan de hand van bestaande projecten **factsheets** gemaakt van een set representatieve systemen. In deze factsheets zijn de algemene en technische eigenschappen van de betreffende aquathermiesystemen gegeven. Daarnaast is er een overzicht gemaakt van **de kostenkanten** van de systemen en de ontwikkeling van deze kostenkanten in geval van opschaling van de techniek. Als laatste is er **een beslisboom** gemaakt voor het ontwerp van een aquathermie systeem, waarbij een analyse wordt gemaakt op basis van vraag en aanbod, waarna de ontwerp stappen van de techniek en het proces verder worden beschouwd. Deze beslisbomen bevatten een hoger detail niveau dan de reeds beschikbare beslisbomen zoals te vinden op de STOWA website. Het detailontwerp is niet meegenomen in deze beslisbomen, omdat dit vaak erg locatie afhankelijk en project specifiek is.

1.3 Afbakening

Aquathermie kan gebruikt worden om zowel warmte als koude te winnen. Voordat de warmte of koude van een aquathermie systeem gebruikt kan worden voor warmte danwel koeling, zijn er een aantal stappen nodig, zoals:

1. Winning van warmte / koude uit de bron
2. (Seizoens)opslag met behulp van bijvoorbeeld een WKO bron
3. Opwaardering tot bruikbare warmte / koude met behulp van de energiecentrale met warmtepomp / koelmachine
4. Ondersteuning van de pieklast door piekvoorziening (bijvoorbeeld hulpketels)

In deelproject 3C van WarmingUP wordt specifiek gekeken naar de bron aquathermie . Dit rapport beschrijft dan ook de bron in detail (onderdeel 1 uit de bovenstaande opsomming). In de factsheets van de desbetreffende projecten wordt verder aangegeven of er een koppeling is met een opslag systeem. Dit systeem wordt echter niet verder in detail beschreven. Datzelfde geldt voor de energiecentrale, de piekvoorziening en het distributiesysteem (warmtenet).

Om de kosten van aquathermie te bepalen kunnen de kostenkanten uit dit rapport worden gebruikt. Om echter de stap te maken naar “bruikbare energie” moeten de kosten van de energiecentrale en de piekvoorziening verder in beeld worden gebracht. Dit is niet in detail uitgewerkt in deze rapportage.

1.4 Leeswijzer

De onderstaande rapportage geeft inzicht in de configuraties en bijbehorende kostenkanten van TEO systemen (Hoofdstuk 2), TED systemen (Hoofdstuk 3) en TEA systemen (Hoofdstuk 4). Voor al

deze systemen is een overzicht gemaakt van bestaande projecten door per project een representatief aantal factsheets te presenteren met algemene en technische eigenschappen van het systeem en ervaringen van deze systemen. Deze factsheets voor TEO, TED en TEA zijn te vinden respectievelijk Bijlage 2, Bijlage 3 en Bijlage 4. Naast deze factsheets zijn er ook beslisbomen ontwikkeld voor het ontwerp van deze systemen. Deze beslisbomen zijn te vinden in Bijlage 5 voor TEO systemen, Bijlage 6 voor TED systemen en Bijlage 7 voor TEA systemen. Een uitvergrootte versie van de beslisbomen is te vinden op de WarmingUP website.

2 Configuraties TEO

Het overzicht voor de TEO configuraties is samengesteld door de adviesbureaus IF Technology en Techniplan adviseurs. Techniplan Adviseurs en IF Technology hebben beiden veel ervaring met het ontwerpen en realiseren van Aquathermie systemen, elk met hun eigen invalshoek. IF Technology richt zich met name op het onderzoek naar de haalbaarheid, energetische inpasbaarheid en het technisch ontwerp van het Aquathermie systeem. Techniplan Adviseurs heeft de focus op de installatietechnische inpassing van een Aquathermie systeem in gebouwen. Omdat beide partijen betrokken zijn bij zowel het ontwerp, de realisatie en in diverse gevallen bij de ondersteuning in de exploitatie, hebben Techniplan Adviseurs en IF Technology die kennis en ervaring kunnen inbrengen in het onderzoek met betrekking tot de TEO systemen.

2.1 Overzicht TEO systemen

2.1.1 Overzicht TEO systemen tot en met mei 2020

Er zijn reeds vele aquathermie systemen gerealiseerd in verscheidene configuraties. Veruit de meeste gerealiseerde aquathermie systemen zijn TEO systemen, zowel in combinatie met WKO als zonder. TEO systemen zijn al beschikbaar voor enkele huizen, waaronder woonboten, maar worden meestal gebruikt om grotere panden van warmte dan wel koude te voorzien. Bij kleine systemen is vrijwel nooit sprake van seizoensopslag, waar dat bij grotere systemen wel gebruikelijk is. Vrijwel alle systemen zijn gerealiseerd in de gebouwde omgeving, er zijn echter ook een aantal grote systemen in de glastuinbouw en de pluimvee industrie.

Wanneer er warmte wordt geleverd en het systeem van een redelijke omvang is waarbij seizoensopslag mogelijk is, is een WKO vrijwel altijd aanwezig. Dit omdat een hogere brontemperatuur ook leidt tot een hoger rendement van de gehele installatie. Er zijn echter ook toepassingsmogelijkheden voor het winnen van warmte met grootschalige TEO-installaties waarbij geen WKO wordt toegepast. Koude kan echter wel effectief jaarrond worden gewonnen indien het water diep genoeg is en een stratificatielaag aanwezig is. Daarom is er bij grote systemen, welke koude onttrekken, niet per definitie sprake van een WKO.

Er is getracht om een compleet overzicht te geven van de aanwezige TEO systemen in Nederland. Als bron is hierbij de lijst van het Netwerk AquaThermie (NAT) gebruikt aangezien deze het meest volledige overzicht geeft. Deze lijst is aangevuld met de projecten die intern bij IF Technology en Techniplan Adviseurs bekend zijn en welke via het internet openbaar zijn gemaakt. Zeker individuele systemen van een beperkte omvang kunnen onopgemerkt zijn gebleven. Van de geïdentificeerde projecten zijn de volgende kenmerken toegevoegd aan de lijst:

1. Projectnaam
2. Projectlocatie
3. Koude- of warmteonttrekking
4. WKO
5. Naam watergang
6. Soort watergang

Sommige van de bovenstaande kenmerken zijn ter identificatie van de systemen. Echter, de benoemde kenmerken bepalen ook grotendeels de configuratie van de systemen en zijn daardoor

leidend in het ontwerp. De volledige lijst van bestaande TEO systemen in Nederland is te vinden in Bijlage 1.

2.1.2 Lijst met systeemkenmerken

In het overzicht in Bijlage 1 zijn alle, bij IF Technology en Techniplan Adviseurs bekende, gerealiseerde TEO systemen opgenomen. Van elk systeem zijn daarbij de belangrijkste kenmerken genoteerd in Tabel 2.1. Naast deze kenmerken zijn er meer technische systeemkenmerken die de verschillende TEO systemen onderscheiden van elkaar. Om de, voor dit project, geselecteerde TEO systemen verder met elkaar te kunnen vergelijken is onderstaande lijst met systeemkenmerken opgesteld:

- Waterkwaliteit; gaat het om zoet, brak of zout oppervlaktewater?
- Stroming; is er natuurlijke stroming aanwezig in het oppervlaktewater of gaat het om een stilstaand waterlichaam?
- Warmte/koude laden; waarvoor wordt het systeem ingezet: warmte, koude of allebei?
- Met en zonder WKO; wordt er energie opgeslagen in een WKO of wordt er bijvoorbeeld direct warmte of koude geleverd met een warmtepomp?
- Soort inlaatwerk; hoe is het inlaatwerk aangelegd? Onder een steiger of achter de kademuur bijvoorbeeld.
- Voorfilter; is er een voorfilter toegepast? Zo ja, op welke manier?
- Fijn filter; is er een fijn filter toegepast? Zo ja, welke techniek?
- Waterbehandeling; is er waterbehandeling toegepast? Zo ja, welke techniek?
- Type wisselaar; welk type warmtewisselaar is er toegepast? En van welk materiaal is de warmtewisselaar?
- Bovengronds/ondergrondse technische ruimte; waar bevindt zich de technische ruimte? Bijvoorbeeld op de begane grond, in een kelder of in een separate put?
- Materiaalkeuze leidingwerk; welk materiaal is er gebruikt voor het leidingwerk? Bijvoorbeeld PE, RVS, GRE of HDPE, etc.
- Piekvoorziening/back-up; is er een piekvoorziening of back-up aanwezig? Zo ja, in welke vorm?
- Terugspoelleidingen voor zelfreinigende functie van filters
 - Voorfilter; is het voorfilter zelfreinigend? Zo ja, op welke manier wordt het filter teruggespoeld?
 - Fijn filter; is het fijn filter zelfreinigend? Zo ja, op welke manier wordt het vuile water afgevoerd?

In de volgende paragraaf worden deze systeemkenmerken vergeleken voor de verschillende geselecteerde projecten.

2.1.3 Geselecteerde representatieve TEO systemen

In Tabel 2.1 is per systeem, dat geselecteerd is voor dit project, weergegeven wat de belangrijkste parameters zijn van de systemen. Hieruit kunnen ook gelijkenissen en verschillen tussen de systemen worden afgeleid. Uit het overzicht met alle TEO-systemen is een selectie gemaakt om tot een representatieve set te komen die de verscheidenheid in TEO systemen weergeeft. De selectie is zo tot stand gekomen dat alle kenmerken die leidend zijn in het ontwerp terugkomen in de geselecteerde systemen. Daarom is er gekeken naar systemen met en zonder WKO, warmte en/of koude onttrekking, zoet en zout water en stilstaand en stromend water.

Naast dat de geselecteerde systemen een goed overzicht van het totaal vormen, is er rekening gehouden met de beschikbaarheid van de data van een dergelijk systeem. Systemen waarvan ontwerpdata en exploitatiedata beschikbaar is zijn een beter uitgangspunt dan systemen welke pas zijn opgeleverd of niet worden gemonitord.

Vanuit de exploitatiedata is geïnventariseerd welke systemen goed hebben gefunctioneerd en welke systemen (in het verleden) problemen hebben ondervonden. Deze exploitatiedata is door Techniplan Adviseurs en IF Technology zelf gemonitord en in andere gevallen bij de beheerder opgevraagd. In de volgende paragraaf zijn onderaan de factsheets van de representatieve systemen, opmerkingen en ervaringen aangegeven. Hieruit ontstaat een beeld van welke technieken goed werken in de verschillende situaties.

Tabel 2.1 | Overzicht kenmerken geselecteerde systemen

Kenmerk	Houthavens	Haagse Hogeschool	Jakarta Hotel	Mariastichting	Hinthamerpoort	Maastoren	Port city	Gemeente-werf	Energie uit zee-water
Waterkwaliteit	Zout (1.700 mg/l)	Zoet	Zout (1.700 mg/l)	Zoet	Zoet	Brak	Brak	Zoet	Zout
Stroming water	Getijden	Stilstaand	Getijden	Stromend	Stilstaand	Stromend/g etijden	Stromen/ge tijden	Stromend	Getijden
Warmte/koude laden*	Koude	Koude	Koude	Warmte	Warmte	Koude	Koude	Geen WKO	Warmte (eerst geen WKO)
WKO	Ja	Ja, ringnet	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja (eerst geen WKO)
Inlaatwerk	Steiger (metaal)	Put achter kade	Aan de kade	Steiger	Oever	Kelder-wand	Ponton	Oever	Aan de kade
Voorfilter	Aanzuig-korf	Aanzuig-korf	Aanzuig-korf	Aanzuig-korf	Aanzuig-korf	Aanzuig-korf	Aanzuig-korf	Aanzuig-korf	Aanzuig-korf
Fijnfilter	Filterdisk	Filterdisk	Filterdisk	Twin-filter	Suction scanner	Zelfreinigen de filter	Bernoulli filter	Zelfreinigen de filter	Zelfreinigen de filter en groffilter
Waterbehandeling	Elektro-lyse verwijderd	MOL katalyse	MOL katalyse	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Ionisatie
Type wisselaar	Platen (Titanium)	Platen (Titanium)	Platen (Titanium)	Platen (RVS)	Platen (RVS)	Platen (RVS)	Platen (RVS)	Buizen (RVS)	Platen (Titanium)
Technische ruimte	Kelder	Put	Kelder	Put	Kelder	Kelder	Kelder	Put	Begane grond
Materiaal leidingwerk	PE100	PE100	PE100	PE125	PE100?	RVS	RVS	PE110	GRE
Piekvoorziening	Geen	Geen	Geen	Geen	Ketel	Geen	Geen	Ketel	Koel-machine (tijdelijk)
Terugspoelleiding									
	Voorfilter Pomp	Klep (motor)	Klep (motor)	Klep	Klep	Klep		Klep (motor)	Klep (motor)
Afvoer (fijn filter) water	Oppervlakte water	Riool	Retour	Retour	Oppervlakte water	Retour	Retour	Retour	Zee

* Warmte laden betekent koude lozen en omgekeerd.

Voor alle geselecteerde projecten uit Tabel 2.1 is in Bijlage 2 een factsheet met de belangrijkste kenmerken per project opgenomen inclusief een principeschets. Daarnaast is per project een korte

systeem omschrijving, eventuele aandachtspunten, oorzaak van de aandachtspunten en de oplossing ervan weergegeven.

2.2 Kostenkentalen TEO systemen

2.2.1 Overzicht hoofdcomponenten

Een TEO systeem bestaat globaal uit de volgende hoofdcomponenten:

- Het inlaatwerk
- Een voorfilter
- De pomp
- Een fijn filter
- De warmtewisselaar
- Het leidingwerk
- Overige onderdelen (appendages, bemetering etc.)
- De regeltechniek
- Een WKO-installatie
- Een piekvoorziening/energiecentrale

In het vervolg van dit hoofdstuk wordt per component beschreven welke gangbare varianten er zijn en wat de geschatte kosten per component zijn.

2.2.2 kostenramingen per component

Per hoofdcomponent zijn de verschillende, bij IF Technology en Techniplan Adviseurs bekende, varianten beschreven en is voor iedere variant een hele globale kostenindicatie afgegeven per eenheid. Bouwkundige kosten voor het TEO systeem (pompputten of kelderruimten) zijn hierin niet opgenomen. De kosten betreffen alleen de opwekkingsinstallatie. Stichtingskosten zoals ontwikkelaarskosten (adviseurskosten, engineering, vergunningen, onvoorzien etc.) zijn niet meegerekend. Daarnaast geven onderstaande prijzen enkel een allereerste prijsindicatie in het vergelijk tussen verschillende systemen. Voor het maken van een business case of projectramingen is maatwerk vereist.

De kosten per component zijn tot 250 m³/uur weergegeven omdat in deze range het meeste schaalvoordeel te behalen valt in de kosten. Voor grotere systemen wordt er veelal gewerkt met meerdere componenten in serie of custom-made componenten, omdat in deze range weinig standaard componenten beschikbaar zijn. Hierdoor zal de relatieve prijs ten opzichte van de grote van het systeem weinig meer dalen. Verder wordt de grote van een systeem voornamelijk begrensd door de draagkracht van de bodem(opslag) en het winbaar vermogen van het oppervlaktewater.

2.2.2.1 Het inlaatwerk

Voor het inlaatwerk zijn er verschillende opties mogelijk. De gekozen optie is vaak afhankelijk van de situatie en de keuze van het bevoegd gezag.

Variant	Prijs per eenheid
Put achter de kade	20.000 €/put
Steiger	10.000 – 15.000 €/steiger
Taludbak	2.000 - 5.000 €/bak

2.2.2.2 Het voorfilter

Voor het voorfilter zijn er verschillende opties mogelijk. Dit is vaak afhankelijk van de situatie.

Variant	Prijs per eenheid
Grof doorlaatfilter voor de pomp (25-50-100-250 m ³ /h)	1.000-2.000-2.500-4.000 €/filter
Aanzuigkorf in het water tot 250 m ³ /h	5000 €/korf

2.2.2.3 De pomp

Voor de pomp zijn er verschillende opties mogelijk, namelijk:

Variant	Prijs per eenheid
Zelfaanzuigende pomp (25-50-100-250 m ³ /h)	3.000-4.500-7.000-14.000 €/pomp
Circulatiepomp (25-50-100-250 m ³ /h)	3.000-4.500-7.000-14.000 €/pomp

Een zelfaanzuigende pomp kan meegevoerde lucht of andere gassen uit de zuigleiding afvoeren. Dit kan een standaard circulatiepomp niet. In vergelijking met een circulatiepomp is het rendement van een zelfaanzuigende pomp wel wat lager en moet de pomp ook dicht bij het oppervlaktewater worden geplaatst.

2.2.2.4 Het fijn filter

Voor een fijn filter zijn er verschillende zelfreinigende opties mogelijk. Hierbij moet met name worden afgewogen hoeveel ruimte er beschikbaar is en wat de hoeveelheid vervuiling is in het oppervlaktewater. Afhankelijk van het type vervuiling dat aanwezig is in het water moet de maaswijdte van het filter worden geselecteerd (typisch 20 – 500 micron).

Variant	Filtering [micron]	Prijs per eenheid
Discfilters (25-50-100-250 m ³ /h)	50	5.000-10.000-20.000-40.000 €/filter
Suction scanner (max. 50 m ³ /h)	50	14.000 €/filter
Bernoulli filter (25-50-100-250 m ³ /h)	100	8.000-10.000-15.000-30.000 €/filter
Bernoulli filter (25-50-100-250 m ³ /h)	500	7.000-9.000-13.000-25.000 €/filter
Bernoulli filter (25-50-100-250 m ³ /h)	1.500	7.000-9.000-12.000-20.000 €/filter

2.2.2.5 De warmtewisselaar

Voor een warmtewisselaar zijn er verschillende opties mogelijk. De materiaalkeuze voor een warmtewisselaar hangt af van de waterkwaliteit. Bij de aanwezigheid van agressieve bacteriën en algen in het water wordt gekozen voor titanium wisselaar. Het voordeel van een platenwarmtewisselaar is dat deze minder vloeroppervlak inneemt, gemakkelijker is schoon te maken en meestal goedkoper is. Het voordeel van een buizenwisselaar is dat deze vaak hogere drukken kan weerstaan.

Variant	Prijs per eenheid
RVS platenwisselaar (25-50-100-250 m ³ /h)	6.000-10.000-17.000-33.000 €/wisselaar
Titanium platenwisselaar (25-50-100-250 m ³ /h)	7.000-12.000-21.000-44.000 €/wisselaar
Buizenwisselaar (25-50-100-250 m ³ /h)	10.000-15.000-30.000-50.000 €/wisselaar



Figuur 2.1 | voorbeeld platenwisselaar



Figuur 2.2 | Voorbeeld buizenwisselaar

2.2.2.6 Het leidingwerk

De kosten van het leidingwerk zitten deels in het materiaal, maar ook deels in de aanleg. In de aanleg kunnen grote verschillen ontstaan per project en is het lastig hier een meterprijs aan te hangen. Enkele voorbeelden van meerkosten zijn:

1. Het toepassen van gestuurde boringen
2. Het leggen van leidingwerk onder een bestaande weg
3. Het leggen van leidingwerk onder elkaar (dieper)
4. Het toepassen van bemaling bij een hoog grondwaterpeil

In onderstaande tabel is uitgegaan van de materiaalkosten van het leidingwerk exclusief bochten/T-stukken, maar inclusief aanleg middels een ontgraving in de vrije ruimte:

PE100 SDR 17 (10 bar)	Prijs per eenheid
DN400	650 €/m
DN315	450 €/m
DN250	350 €/m
DN200	275 €/m
DN150	200 €/m
DN110	150 €/m

2.2.2.7 Overige onderdelen (appendages, bemetering etc.)

Onder de overige onderdelen vallen onder andere alle appendages en bemetering, in de technische ruimte en bij de inlaat, die niet los zijn benoemd in bovenstaande hoofdcomponentenlijst. Denk hierbij aan energiemeters, flowmeters, (motorbediende) kleppen, leidingwerk met isolatie enzovoort.

De kosten voor al deze overige onderdelen kunnen worden geschat als percentage van de hoofdcomponenten in de technische ruimte bestaande uit: de pomp, het fijn filter en de warmtewisselaar (en eventuele waterbehandeling). Als schatting voor de kosten van de overige appendages kan 50% van kosten voor de hoofcomponenten worden aangehouden.

2.2.2.8 De regeltechniek

Een TEO systeem bestaat naast bovengenoemde installatiecomponenten ook uit regeltechniek welk wordt toegepast om het systeem te bewerken en besturen. Om een eerste indruk te geven van de kosten voor de regeltechniek kan grofweg worden gerekend met onderstaande kosten:

Variant	Prijs per eenheid
Regeltechniek	20.000 €/systeem

2.2.2.9 Energiecentrale

De kosten van deze energiecentrales zitten deels in de opwekkingsinstallatie (warmtepompen, E-/gas-ketel etc.), maar ook deels in de elektrische installatie en andere algemene kosten zoals; de bouwkundige kosten van de techniekruimte, het regeltechniek etc. Verder komen de duurzame opwekkingsinstallaties ook in aanmerking voor Energie-Investerings Aftrek (EIA).

Grofweg kan er onderscheidt worden gemaakt in monovalente en bivalente systemen. Monovalente systemen maken enkel gebruik van een warmtepomp om de warmte op te waarden, bij bivalente systemen wordt ook gebruik gemaakt van een elektrische ketel of gasketel om zo het benodigde warmtepompvermogen te verkleinen. Er zijn 3 varianten opgesteld waarvan een globale kostenindicatie is ingeschat:

- Monovalente WKO met TEO voor balansherstel
- Bivalente WKO met TEO voor balansherstel in combinatie met E-ketel(s) als piekvoorziening
- Bivalente WKO met TEO voor balansherstel in combinatie met Gasketel(s) als piekvoorziening

De kosten voor een monovalente WKO energiecentrale zijn:

Variant 1. Monovalente WKO	Prijs per eenheid
Energiecentrale (400-800-1600-4000 kW)	420.000, 690.000, 1.450.000, 2.930.000 €
Warmtepomp	140.000, 210.000, 530.000, 610.000 €
Opwekkingsinstallatie	110.000, 210.000, 400.000, 920.000 €
Elektrotechnische installatie	60.000, 110.000, 230.000, 430.000 €
Algemeen (bouwkundig, regeltechniek etc.)	130.000, 220.000, 400.000, 830.000 €
EIA subsidie	-20.000, -40.000, -90.000, -160.000 €

Voor een bivalente WKO met E-ketel als piekvoorziening zijn de kosten:

Variant 2. Bivalente WKO met E-ketels	Prijs per eenheid
Energiecentrale (400-800-1600-4000 kW)	380.000, 660.000, 1.170.000, 2.810.000 €
Warmtepomp	70.000, 110.000, 190.000, 480.000 €
E-ketel(s)*	20.000, 30.000, 60.000, 140.000 €
Opwekkingsinstallatie	110.000, 210.000, 390.000, 920.000 €
Elektrotechnische installatie	80.000, 140.000, 250.000, 600.000 €
Algemeen (bouwkundig, regeltechniek etc.)	120.000, 210.000, 340.000, 800.000 €
EIA subsidie	-20.000, -30.000, -50.000, -130.000 €

*pieklast 40% van totaalvermogen

Voor een bivalente WKO met gasketel als piekvoorziening zijn de kosten:

Variant 3. Bivalente WKO met Gasketels	Prijs per eenheid
Energiecentrale (400-800-1600-4000 kW)	350.000, 600.000, 1.050.000, 2.530.000 €
Warmtepomp	70.000, 110.000, 190.000, 480.000 €
Gasketel(s)*	20.000, 30.000, 70.000, 160.000 €
Opwekkingsinstallatie	110.000, 200.000, 380.000, 920.000 €
Elektrotechnische installatie	50.000, 90.000, 140.000, 340.000 €
Algemeen (bouwkundig, regeltechniek etc.)	120.000, 200.000, 320.000, 750.000 €
EIA subsidie	-20.000, -30.000, -50.000, -120.000 €

* pieklast 40% van totaalvermogen

2.2.2.10 WKO-installatie

Een WKO-installatie kan op verschillende manieren worden aangelegd en ook op verschillende manieren zijn gekoppeld met de TEO installatie. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een monobron, een doublet of een ringnetsysteem. Daarnaast speelt ook de locatie (in Nederland) van de WKO een zeer grote rol bij de bepaling van de kosten. Zo is het per locatie verschillend hoe diep er geboord mag worden of hoe de bodemopbouw eruit ziet. Om een eerste indruk te geven van de aanlegkosten voor een WKO-systeem kan grofweg worden gerekend met onderstaande formule:

$$\text{Kosten WKO} = \text{€ } 100.000 + \text{€ } 2.000 * \text{m}^3/\text{h}$$

Hierbij wordt uitgegaan van een vast aandeel (minimale kosten) onafhankelijk van de grootte van het systeem en een variabel deel van de kosten dat afhankelijk is van de grootte van het systeem in kubieke meter per uur.

2.2.3 kostenramingen per systeem

Op basis van de globale kostenindicaties zijn voor twee systemen (één bekend bij IF Technology en één bekend bij Techniplan Adviseurs) de kosten geraamd en vergeleken met de daadwerkelijke kosten.

2.2.3.1 Kostenraming voorbeeldproject Techniplan Adviseurs

In onderstaande tabel zijn de geraamde kosten en de daadwerkelijke kosten van een bekend voorbeeldproject van Techniplan Adviseurs weergegeven.

Component	Kostenraming	Daadwerkelijke kosten
TEO systeem	€ 121.000	€ 112.517
<i>Inlaatwerk</i>	<i>Onbekend</i>	<i>Onbekend</i>
<i>Grof doorlaatfilter (2x 100 m³/h)</i>	€ 5.000	€ 7.087
<i>Fijnfilter (500 mm zeef 200 m³/h)</i>	€ 13.000	€ 11.490
<i>RVS platenwisselaar (200 m³/h)</i>	€ 30.000	€ 25.571
<i>Inpandig leidingwerk (10m DN200)</i>	€ 3.000	€ 2.937
<i>Circulatiepomp (2x 100 m³/h)</i>	€ 10.000	€ 12.104
<i>Overige onderdelen</i>	€ 40.000	€ 41.800
<i>Regeltechniek</i>	€ 20.000	€ 11.528
WKO-systeem (200 m³/h)	€ 500.000	Onbekend
Energiecentrale	Onbekend	Onbekend

Uit de tabel kan worden gezien dat de totale kostenraming van het TEO systeem ongeveer 8% hoger zijn geraamd dan het systeem daadwerkelijk heeft gekost. Het project betreft een aftakking van een bestaand oppervlaktewater leidingnet waardoor er geen gegevens bekend zijn van de kosten van het inlaatwerk, ook de gemaakte kosten van het WKO systeem is onbekend. Verder betreft het een

warmte en koude opwek systeem met diverse individuele afnemers met eigen warmtepomp waardoor deze kosten ook niet kunnen worden geraamd.

Over de genoemde bedragen is geen winst en risico gerekend. De uiteindelijke kosten van een WKO of TEO systeem zijn daarmee erg afhankelijk van de marktwerking. Eveneens zullen de kosten voor een TEO systeem hoger uitvallen door bijkomende ontwerpkosten en een eventuele (extra) technische ruimte.

2.2.3.2 Kostenraming voorbeeldproject IF Technology

In onderstaande tabel zijn de geraamde kosten en de daadwerkelijke kosten van een bekend voorbeeldproject van IF Technology weergegeven.

Component	Kostenraming	Daadwerkelijke kosten
TEO systeem	€ 194.00	€ 189.900
<i>Inlaatwerk (put achter kade)</i>	€ 20.000	€ 20.500
<i>Grof doorlaatfilter (1x aanzuigkorf, 200 m³/h)</i>	€ 5.000	€ 3.400
<i>Zelfaanzuigende pompen (2x 100 m³/h)</i>	€ 14.000	€ 8.000
<i>Fijnfilter (discfilters 20 micron, 200 m³/h)</i>	€ 33.000	€ 26.000
<i>Titanium platenwisselaar (200 m³/h)</i>	€ 36.000	€ 42.500
<i>Terreinleidingwerk (90m PE 200mm)</i>	€ 25.000	€ 19.000
<i>Overige onderdelen</i>	€ 41.500	€ 48.500
<i>Regeltechniek</i>	€ 20.000	€ 22.000
WKO-systeem (excl. WKO overdrachtstations)	€ 700.000	€ 903.000
Energiecentrale	-	-

Uit de tabel kan worden gezien dat de totaal geraamde kosten van het TEO systeem goed overeenkomen met de daadwerkelijke kosten, maar op componentniveau zijn wel verschillen zichtbaar. Deze verschillen middelen op de gehele installatie goed uit tot een verschil van minder dan 3%. Bij de kosten voor het WKO systeem is een groter verschil te zien. Dit komt ook doordat het hier om een ringnet systeem gaat. In de kostenraming en de daadwerkelijke kosten zijn de aansluitingen per gebouw niet opgenomen. De kosten voor het WKO-systeem omvatten daarom enkel de bronnen, het terreinleidingwerk en de regeling. Verder betreft het een warmte en koude opwek systeem met diverse energiecentrales met eigen warmtepomp waardoor deze kosten ook niet kunnen worden geraamd.

Over de genoemde bedragen is geen winst en risico gerekend. De uiteindelijke kosten van een WKO of TEO systeem zijn daarmee erg afhankelijk van de marktwerking. Eveneens zullen de kosten voor een TEO systeem hoger uitvallen door bijkomende ontwerpkosten en een eventuele (extra) technische ruimte.

2.3 Beslisboom TEO systemen

IF Technology en Techniplan Adviseurs hebben samen een beslisboom opgesteld die beoogd onder andere gemeenten en projectontwikkelaars handvaten te bieden om te beslissen wanneer het zinvol is om een TEO systeem toe te passen. De beslisboom doorloopt verschillende technisch-economische afwegingen die moeten worden gemaakt met als resultaat een kansrijke TEO configuratie die kan worden aangelegd.

De beslisboom bestaat uit vier stappen:
Fase 0. Beslisboom STOWA

- Fase 1. Globale haalbaarheid TEO
- Fase 2. Detaillering TEO
- Fase 3. Definitief Ontwerp en aanleg.

De beslisboom voor TEO systemen is te vinden in Bijlage 5.

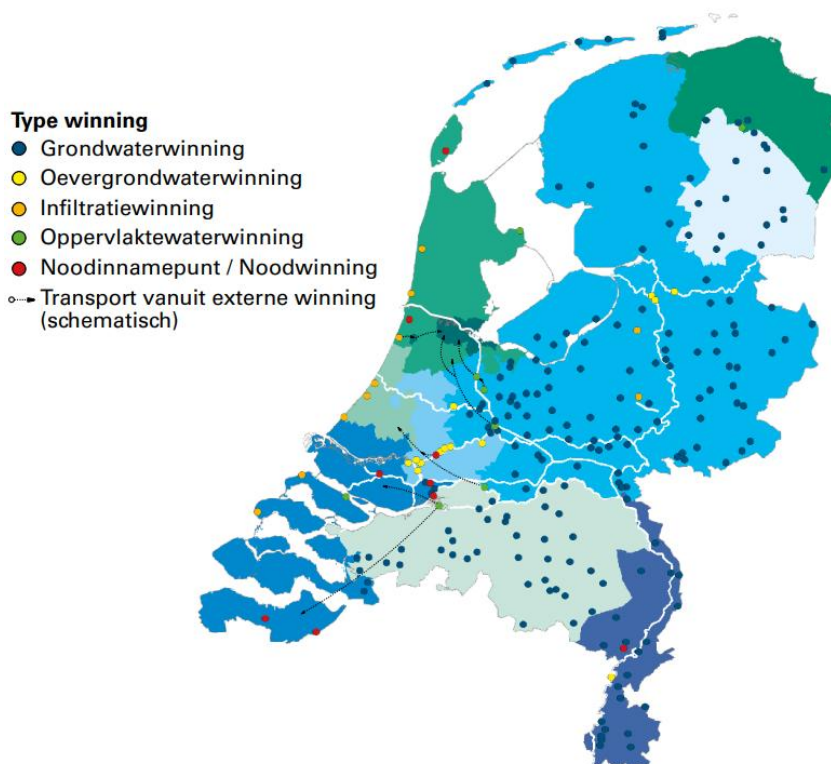
3 Configuraties TED

Het overzicht voor de TED configuraties is samengesteld door kennisinstituut KWR. Zij hebben hiervoor kennis van bestaande projecten ontvangen via drinkwaterbedrijven uit hun netwerk.

3.1 Achtergrond drinkwater

3.1.1 Productie en distributie van (drink)water

Drinkwater wordt in Nederland gemaakt uit grondwater of (geïnfiltreerd) oppervlaktewater (Figuur 3.1). Na het zuiveringsproces vindt distributie van het drinkwater plaats via een leidingstelsel, bestaand uit transportleidingen (300 – 1500 mm)² die het drinkwater transporteren naar een ringstructuur (ook wel “streefstructuur” genoemd) van secundaire leidingen (160 – 300 mm). Deze leidingen voeden weer kleinere (< 160 mm) leidingen die het water distribueren naar aansluitleidingen naar de klanten. Dit leidingstelsel heeft een totale lengte van 120.000 km in Nederland. In 2019 werd 1.187 Mm³ drinkwater geproduceerd en gedistribueerd (Vewin, 2020). Al dit water bevat thermische energie die middels een warmtewisselaar uit het water gewonnen kan worden, voordat het water bij de klant aankomt.



Figuur 3.1 Overzicht van waterwinningen ten behoeve van drinkwaterproductie. Bron: Vewin Statistiek 2017.

Bij zogenaamde infiltratiewinningen (Figuur 3.1) is sprake van transport van voorgezuiverd ruwwater vanuit een oppervlaktewaterwinning naar een infiltratiepunt, zoals de Waterleidingduinen bij Amsterdam. Dit gebeurt doorgaans middels grote leidingen en in grote hoeveelheden.

² De genoemde spreiding van diameters is een indicatie.

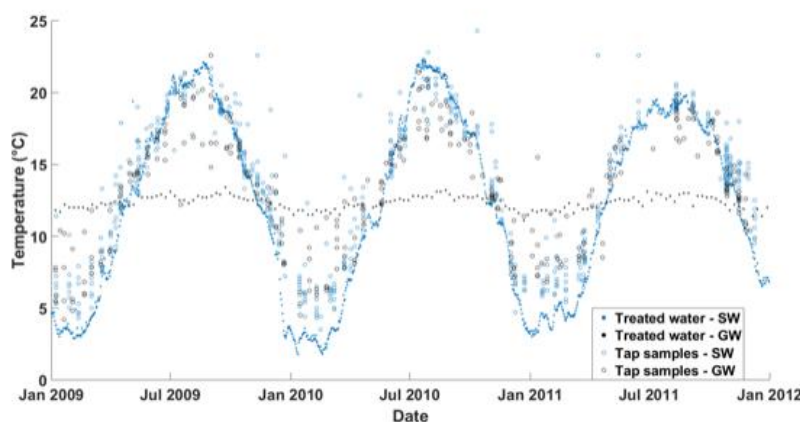
Voor de meeste leidingen geldt dat de volumestromen van drinkwater in het leidingnet gedurende een etmaal sterk fluctueren. Dit komt omdat het drinkwaterverbruik bij de klant de stroming in het leidingnet bepaalt. Het drinkwaterverbruik fluctueert sterk over de dag vanwege gelijktijdigheid van activiteiten zoals douchen, koken, etc. Voor de meeste leidingen geldt daarom dat er 's nachts bijna geen water door de leiding stroomt, terwijl er 's morgens tussen 7.00 en 8.00 uur en 's avonds tussen 17.00 en 19.00 pieken optreden. Met name de avondpiek is in de zomer nog hoger vanwege o.a. het beregenen van tuinen met drinkwater.

Wanneer zich benedenstrooms van een waterleiding een buffer bevindt, zal deze leiding een meer constante volumestroom hebben omdat het reservoir de fluctuaties benedenstrooms van het buffer opvangt. Een dergelijk constante bedrijfsvoering is doorgaans alleen het geval bij (zeer) grote transportleidingen, bijvoorbeeld voor het transport van grondwater of voorgezuiverd ruwwater naar een zuivering. Buffers in de vorm van Reinwaterreservoirs zijn doorgaans op locatie van een drinkwaterzuivering te vinden om een zuiveringsproces zo constant mogelijk te kunnen bedrijven. Op sommige locaties zijn ook reservoirs benedenstrooms van de zuivering te vinden.

3.1.2 Temperatuur van drinkwater

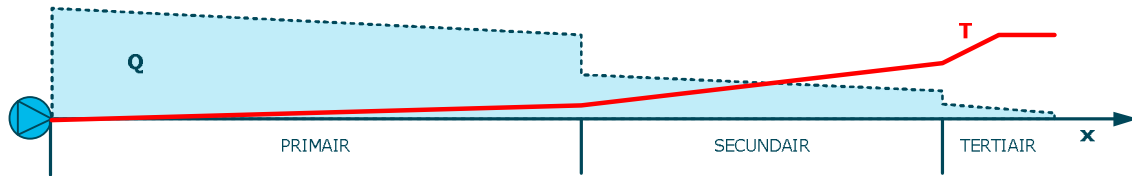
Om de mogelijkheden van TED goed te begrijpen is het allereerst van belang om begrip te hebben van de temperatuur van het drinkwater in het leidingnet tussen bron en klant. De temperatuur van het drinkwater is gedurende het transport in het drinkwaterleidingnet niet constant. Uit onderzoek is gebleken dat het drinkwater de bodemtemperatuur aangenomen heeft wanneer het de klant bereikt. Dit komt door de energie-uitwisseling met de bodem tijdens het verblijf in het drinkwaterleidingnet. De invloed van de bodem op de drinkwatertemperatuur is het kleinst in grote transportleidingen en het grootst in de kleinere diameter leidingen in het distributienet in de woonwijken. Afhankelijk van de bron (grondwater, oppervlaktewater) en het seizoen warmt het drinkwater dus op of koelt het af gedurende het verblijf in het drinkwaterleidingnet. Vanuit het perspectief van warmtelevering betekent dit dat het drinkwaterleidingnet in de zomer fungeert als een 'collector voor bodemenergie', en TED eigenlijk een manier is om bodemenergie te winnen.

Over het algemeen kan worden aangenomen dat het drinkwater dat aankomt bij de klant de bodemtemperatuur rondom de distributieleiding heeft aangenomen. Dit blijkt ook uit vergelijkingen tussen temperatuurmetingen aan de tap, voor zowel drinkwater gemaakt uit oppervlaktewater, als drinkwater gemaakt uit grondwater (Figuur 3.1).



Figuur 3.2 – Resultaat van temperatuurmetingen aan de tap gedurende een jaar. De lijnen geven de brontemperatuur aan gedurende het jaar. Voor grondwaterbronnen (GW) is deze temperatuur redelijk constant, voor oppervlaktewaterbronnen (SW) fluctueert deze temperatuur met de seizoenen. De figuur laat goed zien dat de brontemperatuurverschillen bij de klant ("tap samples") niet meer merkbaar zijn; de temperatuur van het water dat geleverd wordt aan de klant heeft de temperatuur van de bodem aangenomen (Agudelo Vera *et al.*, 2020).

Voor tertiaire drinkwaterleidingen kan dus aangenomen worden dat het drinkwater de bodemtemperatuur aangenomen heeft. Voor transportleidingen is de temperatuur afhankelijk van de bron (grondwater, oppervlaktewater) en de verblijftijd in het transportnet. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 3.3 .



Figuur 3.3 Schematische weergave verloop volumestroom (Q) en temperatuur (T) in het leidingnet tussen (bovenstrooms) het pompstation en (benedenstrooms) de klant uitgaande van een zomerse dag waarbij het drinkwater opwarmt in het leidingnet. N.B. deze figuur geeft een schematisch beeld; in werkelijkheid verloopt de temperatuurverandering niet lineair.

3.1.3 TED in relatie tot ongewenste opwarming van drinkwater

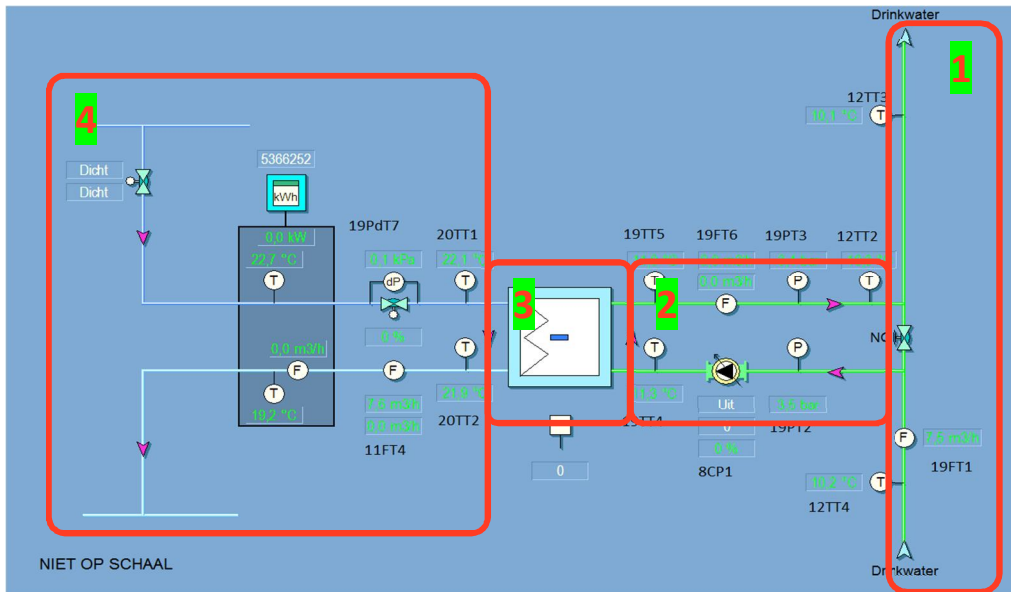
Zoals uitgelegd in paragraaf 3.1.2 is de temperatuur van de bodem bepalend voor de temperatuur waarmee het drinkwater aankomt bij de klant. Door klimaatverandering neemt de gemiddelde temperatuur toe. Als de zomers warmer worden, dan wordt ook de bodem in die zomers warmer. Studies van KWR hebben laten zien dat er in het distributienet hotspots aan te wijzen zijn; locaties waar het warmer is dan gemiddeld. Dit zijn over het algemeen locaties in stedelijk gebied die altijd in de volle zon liggen, onder asfalt of in de buurt van warmtebronnen, zoals warmtenetten. In deze hotspots is er een risico dat de temperatuur van het drinkwater af en toe hoger is dan de wettelijke eis van 25 °C. Door de warme bodem is een eventueel positief koelend effect van een TED-installatie op temperatuur van het drinkwater in de zomer slechts lokaal en tijdelijk. TED is dus geen systematische “bron-tot-kraan-oplossing” voor ongewenste opwarming van drinkwater door enerzijds klimaatverandering en anderzijds bronnen die warmte uitstralen in de bodem zoals (hogetemperatuur)warmtenetten.

3.2 Overzicht TED systemen

3.2.1 Generiek beeld TED-systeem

De belangrijkste bouwstenen voor een TED-systeem zijn (zie ook Figuur 3.4).

- 1 de TED-bron;
- 2 de toevoer en afvoer van drinkwater naar de warmtewisselaar (primair circuit);
- 3 de warmtewisselaar in het drinkwatersysteem;
- 4 De koppeling met een warmtenet of een WKO-systeem (secundair circuit).



Figuur 3.4 – Principeschema van een TED-systeem in praktijk waarbij de bron een drinkwaterleiding is. De nummers corresponderen met de opsomming boven de figuur. Bron: Moerman, A. *et al.* (2019).

3.2.2 Configuraties

De mogelijke configuraties voor een TED-systeem zijn weergegeven in Tabel 3.1. In theorie zijn er 12 unieke configuraties mogelijk. Hierbij is uitgegaan van de aanname dat er voor kleine drinkwaterdistributieleidingen (< 160 mm) geen businesscase mogelijk is omdat de volumestromen in deze leidingen relatief klein zijn en daarnaast sterk fluctueren over de dag.

Tabel 3.1 – Overzicht meest generieke TED-configuraties (totaal 12 mogelijkheden).

bron	primaire koppeling	warmtewisselaar	Secundaire koppeling
Transportleiding drinkwater			warmtenet
Distributieleiding drinkwater	Bypass	Platenwarmtewisselaar (dubbelwandig)	koudenet
Transportleiding ruwwater (voorbehandeld (oppervlakte)water)			warmtenet + WKO
			koudenet + WKO

3.2.3 Overzicht bestaande TED systemen

In Tabel 3.2 is een zo compleet mogelijk overzicht van bestaande TED-systemen weergegeven met daarbij de kerngegevens, zoals bron en thermisch vermogen, per TED-systeem. Het overzicht is niet uitputtend, maar laat wel goed de variatie van toepassing van TED-systemen zien als het gaat om brontype, vermogen en aflevering van warmte of koude.

Tabel 3.2 – Overzicht en kerngegevens van bestaande TED-systemen.

* Op moment van schrijven in realisatie.

** Van deze TED-systemen is in de bijlage een factsheet opgenomen.

*** Dit is de thermische energie die geleverd wordt door de TED-bron, op basis van gemeten waarden (m.u.v. TED in realisatie).

**** Alleen weergegeven in geval er sprake is van meer dan één afnemer. Voor temperatuurdefinitie is gebruik gemaakt van de definities voor (Z)LT-warmtenetten uit de brochure "Warmtenetten Onttrafeld" (TKI Urban Energy, 2020).

	Sanquin Amsterdam**	Plantage De Sniep Amsterdam**	Tongelreep Eindhoven*	Diepenvoorde Waalre	Fontys Tilburg**	EVA-Lanxmeer Culemborg	Hoogeveen	Mall of the Netherlands Leidschendam*
Jaartal in gebruik	2018	2017	2021*	2010	2016	2000	2014	2021*
Locatie TED	Nabij afnemer	Nabij afnemer	Nabij afnemer	Nabij afnemer	Nabij afnemer	Pomp-station	Pomp-station	Nabij afnemer
Bronhouder	Waternet	Waternet	Brabant Water	Brabant Water	Brabant Water	Vitens	WMD	Dunea
Bron	Reinwater transport-leiding	Reinwater transport-leiding	Ruwwater transport-leiding	Ruwwater transport-leiding	Reinwater secundair leiding	Reinwater-reservoir	Reinwater transport-leiding	Ruwwater transport-leiding
Type Afnemer	Bloedbank	Woningen	Zwembad	Kantoren	Hoge-school	Woningen (192), utiliteiten (8)	Zorg-complex, school en gymzaal	Winkel-centrum
Beheer	Waternet	Waternet	Hydreco	Hydreco	Hydreco	Thermo-Bello	Equa	Dunea Warmte & Koude
Type levering	Koude	Warmte & koude	Warmte	Warmte & koude	Warmte	Warmte	Warmte & koude	Koude
Thermischvermogen (kW)	1.500	5.000	825	1.500	45	590	120	1.500
Energie*** (GJ/ jaar)	10.000	7.000	10.000	onbekend	150	2.000	1.300	3.200
Therm. buffer	WKO	WKO			WKO	Reinwater-reservoir	Reinwater-reservoir	WKO
Distributie****		ZLT-warmte-net + indiv. WPs		ZLT-warmte-net + indiv. WPs		Centrale WP + LT-warmte-net	ZLT-warmte-net + indiv. WPs	
Link				Hydreco	Brabant water	Thermo-bello		Dunea

3.2.4 TED in combinatie met WKO

Opwarming van drinkwater in de zomer en afkoeling in de winter zijn over het algemeen ongewenst. In dat opzicht biedt koppeling van een TED-systeem aan een WKO-systeem belangrijke voordelen. Voor een goed rendement van WKO-systemen moeten deze installaties volgens de wet zoveel

mogelijk in balans zijn, dat wil zeggen dat er evenveel warmte als koude in de bodem wordt opgeslagen. Het in balans brengen van WKO's is een belangrijke toepassing van TED juist omdat hiermee de temperatuuffecten worden omgedraaid: in de zomer wordt met TED warmte geleverd en in de winter koude, zodat in de zomer de drinkwatertemperatuur afneemt en in de winter toeneemt.

3.2.5 Voor- en nadelen van TED

Ten opzichte van ander aquathermiebronnen zoals thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) en thermische energie uit afvalwater (TEA) heeft TED een aantal voordelen:

- **Efficiency:** TED maakt gebruik van drinkwater of voorgezuiverd ruwwater. Door de schone watermatrix van deze watersoorten kunnen efficiënte platenwarmtewisselaar met groot oppervlak per volume gebruikt worden. Door het schone drinkwater zal fouling in de warmtewisselaar niet of beperkt optreden.
- **Economisch:** gezien de zeer hoge kwaliteit van drinkwater is geen additionele zuivering nodig. Dit scheelt investeringskosten bij de aanleg van de installatie. Daarnaast is onderhoud (schoonmaken) beperkt nodig, waardoor ook de onderhoudskosten in de meeste gevallen laag zijn.
- **Warmte en koude:** in combinatie met WKO is TED geschikt voor zowel warmtelevering (afkoelen van drinkwater in de zomer) als voor het leveren van koelcapaciteit (opwarmen van drinkwater in de winter).
- **Beperkte warmte-infra:** drinkwaterleidingen liggen al in de grond en hoeven niet meer betaald te worden. Wanneer een afnemer voor warmte of koude in de buurt van een geschikte drinkwaterleiding ligt is doorgaans een beperkte lengte van een bypass of warmte-infra nodig om de warmte uit de TED-bron bij de afnemer te krijgen. Dit is positief voor de businesscase.
- **Win-win:** In combinatie met WKO wordt drinkwater door warmtewinning van TED in de zomer lokaal gekoeld. Dit is gunstig is voor de kwaliteit van het drinkwater. Belangrijk hierbij is wel om te beseffen dat dit effect vaak lokaal is en slechts tijdelijk (zie voorbehoud in paragraaf 3.1.3).
- **Zekerheid van capaciteit:** drinkwaterbedrijven kunnen door gebruik van metingen en/ of hydraulische modellen een betrouwbaar beeld geven van zowel de volumestroom als temperatuur op een bepaalde locatie. Dit geeft dat er relatief weinig onzekerheid is als het gaat om de beschikbare warmte vanuit de TED-bron.

Er zijn ook enkele nadelen van TED te noemen:

- Het absolute potentieel van TED is behoorlijk kleiner dan dat van bijvoorbeeld TEO. Dit is temeer een reden om TED in relatie tot WKO te beschouwen. Bij aanwezigheid van een WKO (waarbij het gebouw zelf al warmte laadt of onttrekt aan de WKO) is TED alleen noodzakelijk voor de regeneratie en het in balans houden van de WKO. Er kan dan een businesscase ontstaan terwijl TED alleen de "aanvullende gigajoules" levert.
- Drinkwaterbedrijven hebben als primaire en wettelijke taak het leveren van schoon en veilig drinkwater. Het leveren van een maatschappelijke bijdrage door middel van TED is secundair aan deze taak. Dit kan in algemene zin beperkend zijn voor de mogelijkheden van TED, als een drinkwaterbedrijf zich alleen richt op de primaire taak, of lokaal beperkend zijn, bijvoorbeeld omdat een limiet wordt gesteld aan de hoeveelheid warmte die onttrokken (warmtelevering) of toegevoegd (koudelevering) kan worden.

3.2.6 Generieke technische aspecten

- Er zijn verschillende potentiële thermische bronnen in het drinkwatersysteem, zie paragraaf 3.1.1.

De meest voor de hand liggende thermische bronnen zijn transportleidingen, distributieleidingen en ruwwatertransportleidingen (vooral leidingen die voorbehandeld oppervlaktewater transporteren, bijvoorbeeld naar de duinen). Dat houdt vooral verband met het potentiële aanbod van thermische energie.

- De koppeling met een thermische bron in het drinkwatersysteem wordt in de praktijk gerealiseerd met een bypass (Figuur 3.4). Via deze bypass passeert een deel van de volumestroom uit de leiding de warmtewisselaar, waarbij het water afkoelt (warmtelevering) of opwarmt (levering van koelcapaciteit). Na passage van de bypass mengt de deelstroom weer met de hoofdstroom waarbij de (in de bypass opgelegde) temperatuurverandering kleiner wordt door menging van water uit de deelstroom en de hoofdstroom. De temperatuurveranderingen (ΔT) ter plaatse van de warmtewisselaar (deelstroom) en na menging van de deelstroom (uit de bypass) met de hoofdstroom zullen door het drinkwaterbedrijf worden gelimiteerd vanuit het oogpunt van drinkwaterkwaliteit.
- Aan de leidinglengtes van de bypass kunnen voorwaarden worden gesteld, hoewel een bypass in de praktijk nooit een grote lengte zal hebben, omdat het aanleggen van een lange bypass een substantiële negatieve post in de businesscase van een TED-systeem is. Vanuit drinkwaterperspectief worden de leidinglengtes van de bypass bij voorkeur zoveel mogelijk beperkt door de uitwisseling van de thermische energie te laten plaatsvinden zo dicht mogelijk bij aanbodzijde (primaire) en niet aan de vraagzijde (secundaire). Concreet betekent dit dat de warmtewisselaar niet bij de vrager van thermische energie wordt geplaatst maar, zo mogelijk, op de drinkwaterproductielocatie of vlakbij de drinkwaterleiding zodat de lengte van de bypass van en naar de warmtewisselaar zoveel mogelijk wordt beperkt. De warmte wordt vervolgens verder getransporteerd via een secundair leidingnet (warmtenet of koudenet met aanvoer- en retourleiding) dat door de warmtewisselaar fysiek gescheiden is van het drinkwaterleidingnet.
- Een generieke voorwaarde voor TED is de toepassing van dubbelwandige platenwarmtewisselaars in combinatie met een hogere druk in het primaire circuit (drinkwater) ten opzicht van het secundaire circuit. Die hogere druk in het primaire circuit vormt een tweede barrière tegen mogelijke verontreiniging van het drinkwater in geval van een lekkage (naast de dubbelwandige warmtewisselaar).

3.3 Kostenkanten TED systemen

Noot: De algemene beschouwing in deze paragraaf zal verder worden uitgebreid zodra meer informatie is ontvangen van de verschillende TED-systemen die in bedrijf zijn bij de drinkwaterbedrijven.

3.3.1 Schaalbaarheid

De maximale omvang van een TED-systeem wordt uiteindelijk gelimiteerd door de toegestane temperatuurverandering in de hoofdstroom als gevolg van de winning van thermische energie in de bypass. Ongetwijfeld kunnen de grootste TED-systemen worden aangelegd als ze gekoppeld zijn aan ruwwaterleidingen die voorbehandeld oppervlaktewater transporteren naar de duinen voor infiltratie of naar een drinkwaterproductielocatie. Denk daarbij aan de WRK-leidingen die vanuit Nieuwegein naar de duinen van Waternet lopen (WRK I, II) en de leiding vanuit Noord-Holland die naar de duinen bij Castricum loopt en deels ook rechtstreeks naar een drinkwaterpompstation van PWN. Dunea maakt gebruik van soortgelijke transportleidingen vanaf de afgedamde Maas naar de duinen in Zuid Holland (twee Bergambachtleidingen; BAL I en II). Bij ruwwaterleidingen komt daarbij dat een grotere ΔT acceptabel is als bij drinkwater-transportleidingen in het geval het water eerst

nog een duinfiltratie ondergaat. Uitgaande van een conservatieve aanname voor de temperatuursverandering van 2°C moet uitgaande van de gangbare debieten (1.000 – 5.000 m³/uur) voor dit soort leidingen worden uitgegaan van een te realiseren capaciteit van 5 tot 10 MW. Ter vergelijking: bij transportleidingen voor drinkwater (primaair net; 100 – 500 m³/uur) gaat het onder dezelfde conservatieve aanname voor de temperatuursverandering om 0,5 – 2,0 MW, bij voedende distributieleidingen in woonwijken (secundair net; 10 – 50 m³/uur) om 50 – 200 kW en bij tertiaire leidingen in de straat om capaciteiten < 50 kW.

De ruwwatertransportleidingen hebben geografisch gezien maar een beperkt bereik. In dat opzicht hebben drinkwatertransportleidingen en hoofddistributieleidingen een veel groter bereik.

3.3.2 Overzicht kostencomponenten TED-installaties

Een TED-systeem bestaat in essentie uit de volgende technische (hoofd)componenten:

- bypass op de bronleiding (primaair circuit; bij voorkeur zo kort mogelijk uitgevoerd);
- een pomp in de bypass;
- een platenwarmtewisselaar;
- overige onderdelen (appendages, bemetering, monsternemingspunten).

Uiteraard is het TED-systeem onderdeel van een groter geheel, waaronder de energiecentrale van het betreffende gebouw waaraan warmte of koude geleverd wordt (incl. alle componenten zoals leidingwerk, appendages, etc.), een eventuele WKO, etc. Deze componenten worden hier buiten beschouwing gelaten omdat ze feitelijk geen onderdeel vormen van het TED-systeem als bron.

3.3.3 Kosten van TED-systemen

Omdat voor elk TED-systeem een bypass met voorzieningen voor uitwisseling van thermische energie noodzakelijk is en de aanleg daarvan een belangrijk deel van de kosten is, zullen de kosten per GJ bij opschaling van TED-systemen naar verwachting niet lineair verlopen maar afvlakken in geval er sprake is van één afnemer (utiliteit).

Wanneer meer praktijkgegevens beschikbaar zijn zal een tweede versie van dit rapport uitgegeven worden waarin onderstaande tabel verder is ingevuld en gedetailleerd.

De geschatte kosten per component zijn weergegeven in Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Geschatte kosten voor TED per component.

Component	Kosten kleine installatie 20 m ³ /h 45 kW 150 GJ/jaar	Kosten grote installatie 500 m ³ /h 1.500 kW 10.000 GJ/jaar	Bandbreedte kosten per kW _{th}
Bypass	30.000		
Circulatiepomp in de bypass	5.000		
Platenwarmtewisselaar	30.000		
Overige onderdelen	70.000*		
Totaal	135.000	360.000	240 – 3.000

* Vanwege onderzoeksdoeleinden (casus Fontys) zijn hierin aanzienlijk meer sensoren en regeltechnische componenten toegepast dan strikt noodzakelijk voor besturing.

3.4 Beslisboom TED systemen

Uitgaande van de potentieelkaart voor TED (zie <https://www.aquathermieviewer.nl/>) biedt onderstaande beslisboom een weergave van het proces wat moet leiden tot het definitief ontwerp van een TED-systeem. Deze beslisboom is bedoeld voor functionarissen van gemeenten, projectontwikkelaars of warmtebedrijven. Een essentiële stap in de beslisboom is dat in een zo'n vroeg mogelijk stadium contact wordt gezocht met het drinkwaterbedrijf (bronhouder). Alleen dan kan op een hoger detailniveau dan de potentieelkaart worden bekeken of er een geschikte op drinkwater gebaseerde thermische bron beschikbaar is.

Om te komen tot een onderbouwing van een temperatuurverandering op een specifieke locatie en een kwantificering van de benedenstroomse effecten (zie stap 2 beslisboom detaillering haalbaarheid) worden de volgende stappen aanbevolen:

- 1 Beschouwing van de warmte- of koudevraag op de voorgestelde locatie. Is er sprake van een warmtevraag of een koudevraag? Wat is de hoeveelheid energie die gevraagd wordt? (momentaan thermisch vermogen en/of jaarlijkse hoeveelheid thermische energie). Tabel 3.4 geeft een indicatie van thermisch vermogen en jaarlijkse energie bij typische volumestromen voor primaire en secundaire leidingen.
- 2 Bepaling van de natuurlijke variatie van de temperatuur ter plaatse; bij voorkeur door de uitvoering van temperatuurmetingen en anders door modelstudies, zoals het Excelmodel rekenmodel voor potentiebepaling van TED (met nummer KWR 2019.076) dat door KWR opgeleverd is (Moerman, 2019).
- 3 Toetsing in hoeverre thermische energie gewonnen/toegevoegd kan worden op basis van de metingen/berekeningen uit de vorige stap. Wanneer dit het geval is kan overgegaan worden tot een algehele risicoanalyse in grotere mate van detail.
- 4 Het uitvoeren van een risicoanalyse waarvan de benedenstroomse effectbepaling een onderdeel is. Bij deze effectbepaling wordt kwantitatief bepaald in hoeverre er sprake is van een temperatuurverandering op leveringspunten bij benedenstroomse klanten. Hiervoor is instrumentarium beschikbaar (Moerman et al., 2019).
- 5 Op basis van de uitkomsten van de stappen 1 t/m 4 kan voor een specifieke situatie/locatie onderbouwd worden in welke mate er op verantwoorde wijze thermische energie gewonnen/toegevoegd kan worden.

Tabel 3.4 Indicatieve waarden voor temperatuurveranderingen (ΔT) na TED-systeem incl. indicatie van thermisch vermogen en energie. De waarden van ΔT in de tabel zijn gemaximeerd op 5 °C; dit is vergelijkbaar met de maximale temperatuurverandering die op dit moment toegepast wordt voorafgaande aan de menging met de hoofdstroom. Bij een mengverhouding van 50/50 leidt dit dus tot een ΔT van 2,5 °C op de hoofdstroom.

Primair net	Secundair net
ΔT 5 °C	ΔT 5 °C
1.450 kW levering bij 250 m ³ /h	145 kW levering bij 25 m ³ /h
7.850 GJ/jaar	785 GJ/jaar

N.B.1 Tabel 3.4 laat zien dat, gegeven indicatieve waarden voor ΔT en typische max. volumestromen in primair en secundair leidingnet, behoorlijke thermische vermogens energievolumes te halen zijn. Ter referentie: een gemiddelde bestaande (dus niet per sé goed geïsoleerde) woning heeft een jaarlijks gasverbruik van 1176 m³/jaar voor ruimteverwarming (MilieuCentraal, 2018). Dit is gelijk aan een totale thermische energievraag van ruim 30 GJ/jaar, uitgaande van 90% efficiëntie bij warmteopwekking (CV-ketel). De energie per jaar in Tabel 2 is berekend uitgaande van 1.500 vollast uren per jaar (Bloemendal en Mathijssen, 2013). Bij een grote volumestroom kan een kleine ΔT dus volstaan om voldoende thermisch vermogen af te kunnen geven voor bijvoorbeeld het in balans

brengen van een WKO-installatie. Met andere woorden: de discussie over ΔT begint bij de klantvraag (stap 1 hierboven) en niet met de vraag wat theoretisch de maximale ΔT op locatie zou zijn.

4 Configuraties TEA

Het overzicht voor de TEA configuraties is samengesteld door het adviesbureau Syntraal. Syntraal heeft hierbij ook kennis meegenomen van fabrikanten die TEA systemen aanleggen in Duitsland.

4.1 Overzicht TEA systemen

In het kader van het WarmingUP onderzoeksprogramma is binnen het deelproject Techniek, Ontwerp en Kosten (werkpakket 3C) een inventarisatie gemaakt van gerealiseerde projecten waarbij thermische energie uit afvalwater (TEA) is toegepast. In dat kader zijn van enkele gerealiseerde of vergevorderde projecten in de ontwerpfase de verschillende samenstellingen van de systemen (van innamepunt tot de warmtewisselaar en de retourleiding) in beeld gebracht. Per systeem is hierbij aangegeven welke componenten zijn. De gegevens zijn middels factsheets gerapporteerd en opgenomen in Bijlage 4.

4.1.1 Representatieve TEA systemen

Met deze configuraties is een goed en representatief beeld ontstaat van de meest toegepaste systemen in Nederland. Het betreft:

1. Zwembad 't Bun op Urk, waar een warmtewisselaar is toegepast van RVS in een bypass constructie in een persleiding. Tevens is hier ook een WKO bij toegepast
2. Zwembad De Veldkamp in Wezep, waar een vrijvalriool is toegepast met een bufferkelder, omdat het debiet flinke fluctuaties gedurende de week laat zien
3. Het Vellesan College in Velsen, waar een Frank-warmtewisselaar in een vrijval riool is toegepast, die in het grondwater ligt. Hierdoor wordt een deel van de warmte ook aan het grondwater onttrokken
4. Acht appartementencomplexen in Buisklotermeer, Amsterdam, waar middels een bypass constructie in een persleiding voldoende warmte voor alle acht complexen wordt opgewekt. Ook hier is een WKO voorzien
5. Ervaringen in Duitsland met Uhrig-systemen.

In Nederland en met name ook in Duitsland zijn al veel meer TEA-projecten gerealiseerd. De keuze voor de genoemde projecten is echter gebaseerd op het feit dat deze systemen een goede afspiegeling vormen van de systemen, die op dit moment in Nederland operationeel zijn en waar voldoende ervaringen mee zijn om hier ook de nodige lessen uit te leren en conclusies aan te verbinden.

4.1.2 Rioolwarmtewisselaars

Een significant onderdeel van het riothermiesysteem is de warmtewisselaar. Dit onderdeel moet zo optimaal mogelijk de warmte uit het afvalwater kunnen opnemen, maar moet vooral robuust zijn en minimaal 30 jaar lang zonder problemen kunnen worden gebruikt. Daarnaast moet het niet de levensduur van het riool verkorten zodat het rioolsysteem daarna ook zijn functie behoudt tot einde levensduur. Vanuit het gemeentelijk rioolbeheer worden vaak voorwaarden gesteld waar aan een rioolwarmtewisselaar moet voldoen. Voorbeeld van deze voorwaarden zijn:

- De hydraulische werking van het rioelstelsel niet verminderen;
- Beheerskosten riolering mogen niet of slecht minimaal toenemen;
- Robuuste systemen met optimale LCIRCA (levenscyclusanalyse) hebben de voorkeur.

Oorspronkelijk zijn de rioelwarmtewisselaars ontworpen door Zwitserse ingenieurs, vanaf 2010 worden ook systemen aangelegd door Duitse rioelbouwers. Op dit moment zijn er meerdere systemen op de markt verkrijgbaar. Deze systemen worden kort hieronder beschreven.

4.1.2.1 Rioelwarmtewisselaar vrijverval rioelleiding

Voor een vrijvervalrioel zijn er twee type rioelwarmtewisselaars, namelijk een interne rioelwarmtewisselaar en een externe rioelwarmtewisselaar om de rioelbuis. Alleen een interne rioelwarmtewisselaar kan bij een bestaand rioel worden aangebracht en achteraf worden ingebouwd. Voor de interne rioelwarmtewisselaar is er ook een prefab variant, deze variant wordt alleen toegepast bij vervanging van het rioel.

Interne vrijvervalrioelwarmtewisselaar bestaand rioel

De interne vrijvervalrioelwarmtewisselaar (Figuur 4.1) kan in een bestaand rioel worden aangelegd. De wisselaar bestaat uit schaaldelen die niet groter zijn dan de opening van de rioeltoegangspuit. Deze uitvoering zorgt voor een minimale vermindering van de capaciteit van het rioel door de schaalvorm. De aanvoer- en afvoerleiding zijn gelegd in de leidingkolom, links en rechts van de warmtewisselaar. In de gemeente De Bilt wordt met dit systeem een zwembad verwarmd.



Figuur 4.1 Vrijvervalrioelwarmtewisselaar intern, deze wordt in schaaldelen ingebouwd (bron: Uhrig.com)

De hydraulische capaciteit van het rioel neemt door de vorm van de warmtewisselaar met ongeveer 4-8% af, afhankelijk van de diameter van de rioelbuis. Bij een kleinere diameter is het verlies van hydraulische capaciteit groter. Deze wisselaar is toepasbaar bij een rioelbuis vanaf DN400 (diameter 400 mm).

Interne vrijvervalrioelwarmtewisselaar prefab

Bij aanleg van een nieuw of vervanging van een bestaand rioel is een prefab rioelwarmtewisselaar toepasbaar zoals in Figuur 4.2 is afgebeeld. De warmtewisselaar is onderin de buis ingebouwd, de transportleidingen zijn in het beton gegoten. In de gemeente Goes wordt met dit systeem een appartementencomplex verwarmd.



Figuur 4.2 Vrijvalrioolwarmtewisselaar intern prefab in de gemeente Goes (bron: warmtepompen.nl)

Externe vrijvalrioolwarmtewisselaar prefab

Een andere variant is een vrijvalrioolwarmtewisselaar waarbij de warmtewisselaar aan de buitenkant van de buis is bevestigd (Figuur 4.3). Het voordeel van dit systeem is dat er geen capaciteit verlies is, nadeel is dat het systeem niet direct contact heeft met het afvalwater waardoor de warmteoverdracht minder is ten opzichte van een interne wisselaar. Daarom worden deze systemen alleen gebruikt bij ligging in het grondwater, waardoor naast het afvalwater de warmte uit de bodem kan worden gehaald. De verdeling van de warmtewinning is circa 20% rioolwarmte en 80% bodemwarmte. De effecten op de bodem zijn minimaal omdat er een beperkte temperatuurverschil ontstaat. Dit systeem met een totale lengte van 66 meter is aangelegd in de gemeente Velsen, waarbij een school wordt verwarmd.

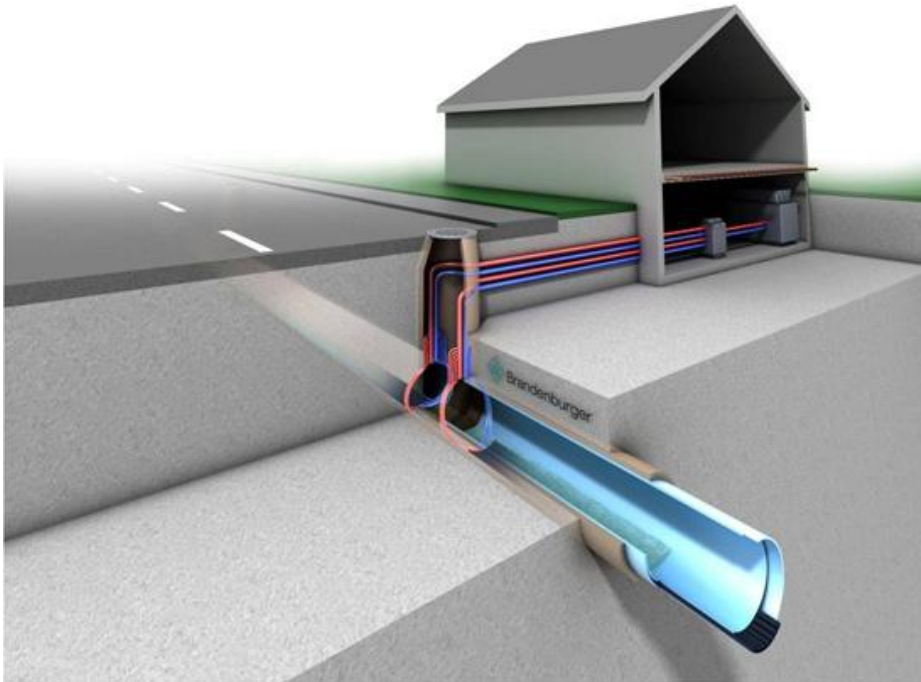


Figuur 4.3 Vrijvalrioolwarmtewisselaar extern prefab gemeente Velsen

Relining

Er is ook nog een mogelijkheid om relining toe te passen. Relining wordt meestal toegepast wanneer een riool niet vervangen dient te worden of schade heeft aan de rioolbuis (Cornelis & Van Esch, 2014). Relining is geschikt voor vrijval riolering. Een fabrikant van een reliner is Brandenburger (Brandenburger, 2019), zie Figuur 4.4. De reliner bestaat uit drie onderdelen:

1. Buitenvoering, voor revalidatie van het riool;
2. Rioolwarmtewisselaarmat, in de rioolvoet als absorber voor warmteterugwinning;
3. Binnenvoering, voor bevestiging en bescherming van de rioolwarmtewisselaarmat.



Figuur 4.4 Brandenburger rioolwarmtewisselaar (Brandenburger, 2019)

De buitenbekleding wordt met behulp van een kabellier in het riool getrokken, met perslucht uitgezet en met Uv-licht uitgehard. De buitenste voering neemt de taak op zich om het defecte riool te rehabiliteren en moet zodanig gedimensioneerd zijn dat het aan de capaciteit kan voldoen. Het is natuurlijk ook mogelijk om het systeem zonder buitenvoering te installeren wanneer het riool niet defect is.

In de tweede stap wordt de mat van de rioolwarmtewisselaar in de pijpplaat getrokken. De binnenvoering wordt vervolgens geïnstalleerd. De binnenvoering kan dunwandig zijn, omdat het geen structurele functie heeft. Net zoals de buitenbekleding wordt deze met behulp van een kabellier in het riool getrokken, met perslucht uitgezet en uitgehard met behulp van Uv-licht.

4.1.2.2 Rioolwarmtewisselaar persleiding

In een persleiding (of drukriool) wordt afvalwater verpompt vanuit een rioolgemaal. De persleiding staat volledig vol met afvalwater waardoor het warmteoverdrachtsoppervlakte groter is dan bij een vrijvervalleiding. Nadeel is dat de pomp van een rioolgemaal alleen wordt aangezet als een bepaald niveau wordt bereikt in de opvangkelder van een gemaal. Daardoor is geen continue aanvoer gegarandeerd en staat het afvalwater een tijdlang stil in de persleiding. Aanleg in een persleiding kan ook bij vervanging maar ook in een bestaand systeem. Een bypass bij een persleiding heeft vaak de voorkeur, waarbij de bestaande leiding niet wordt gehinderd.

Externe persrioolwarmtewisselaar bypass

Een mogelijkheid om warmte uit een persriool te onttrekken is door de buis te vervangen door een dubbelwandige rvs buis, waarbij de warmte direct wordt overgedragen rondom de buis. Een dergelijk systeem kan direct bij vervanging worden aangelegd of als bypass bij een bestaand riool. Op Urk is dit systeem aangelegd waarbij een dubbelwandige buis met een diameter van 250 mm en 125 meter lang een binnenzwembad volledig verwarmd.



Figuur 4.5 Persleidingrioolwarmtewisselaar extern prefab, waarbij een dubbelwandige buis zorgt voor de warmteoverdracht

4.2 Factoren die invloed hebben op de efficiëntie van een rioolwarmtewisselaar

De factoren die invloed hebben op de efficiëntie van een rioolwarmtewisselaar en die tijdens het in bedrijf zijn van een riothermiesysteem ontstaan, zijn:

- Veroudering van de rioolwarmtewisselaar;
- Biofilm vorming;
- Sedimentatie.

4.2.1.1 Veroudering van de rioolwarmtewisselaar

In een aantal landen in Europa wordt riothermie al langer toegepast. Zwitserland, Duitsland en Scandinavië hebben al veel ervaring op het gebied van thermische energie winnen uit het afvalwater. Op den duur gaat een rioolwarmtewisselaar waarschijnlijk minder vermogen leveren doordat de rioolwarmtewisselaar in leeftijd toeneemt. Helaas is er geen informatie beschikbaar, over de prestaties van rioolwarmtewisselaars tijdens de levensduur.

4.2.1.2 Biofilm vorming

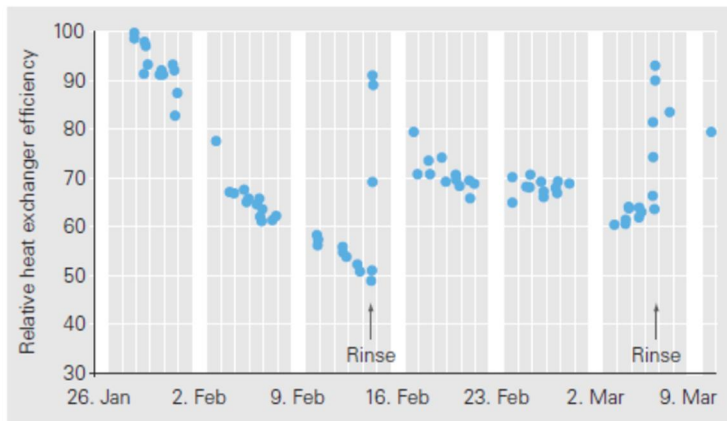
Door de vuillast in het afvalwater kan een biologische aanslag op de interne rioolwarmtewisselaar ontstaan. Deze zogenaamde 'biofilm' heeft een isolerend effect waardoor de uitwisseling van thermische energie tussen afvalwater en rioolwarmtewisselaar vermindert. Onderzoek door het Zwitserse aquatisch onderzoeksinstituut Eawag wijst uit dat de biofilm vorming en het effect hiervan op de rioolwarmtewisselaar gereduceerd wordt wanneer de stroomsnelheid van het afvalwater regelmatig boven 1 m/s ligt. Hierdoor wordt de meeste biofilm verwijderd waardoor het rendementsverlies beperkt wordt tot ongeveer 20 % (Wanner, 2006).

Het onderzoek heeft de volgende resultaten opgeleverd:

- Na een paar uur start al bacteriegroei, na een paar dagen is er een biofilm die honderden μm dik kan zijn. Na 18 dagen is de efficiëntie gereduceerd tot 50 %;
- Door gedurende 20 minuten de snelheid van het water op te voeren van 0,4 naar 1 m/s wordt een deel van de biofilm weggespoeld en neemt de efficiëntie toe;
- Wanneer de snelheid constant wordt gehouden op 1 m/s komt de efficiëntie niet onder de 80 % (gedurende 2 maanden getest);
- De verschillende ruwheidskarakteristieken van het oppervlak hebben geen invloed op de biofilm vorming. Alleen bij een teflon coating vormt minder snel biofilm;

- De beste resultaten worden behaald met een hoge snelheid met teflon coating. Teflon is alleen niet bestand tegen zand en grind in afvalwater.

Invloed van biofilm vorming op de warmte overdracht door een rioolwarmtewisselaar is gemeten in een testopstelling van Eawag, zie Figuur 4.6. Na drie weken blijkt de warmteoverdrachtscapaciteit gehalveerd te zijn. Door de stroomsnelheid te verhogen naar 1 m/s wordt het rendement verhoogd tot ongeveer 80 % á 90 %. Het verhogen van de stroomsnelheid tot 1 m/s is niet bij ieder riothermiesysteem mogelijk.



Figuur 4.6 Invloed biofilmvorming op warmte overdracht rioolwarmtewisselaar (Wanner, 2006)

De fabrikant Rabtherm maakt in zijn rioolwarmtewisselaars gebruik van koperen strips. De uitloging van ionen van het koper zorgt ervoor dat er geen biofilmlaag kan ontstaan. Een biofilmlaag bestaat uit algen, koper is giftig voor algen.

4.2.1.3 Sedimentatie

In het geval van rioolwarmtewisselaars wordt met sedimentatie de ongewenste afzetting van materiaal op het warmtewisselend oppervlak bedoeld. Gedurende het gebruik van een rioolwarmtewisselaar zal het warmtewisselende oppervlakte bevuild. Dit leidt tot een slechtere warmteoverdracht, tevens ladingsverlies en dus een groter pompvermogen. De afzetting is namelijk een bijkomende weerstand voor de warmteoverdracht en leidt tot vernauwing van de riolering en extra wrijving. Wanneer een rioolwarmtewisselaar te veel bevuild is, dient hij te worden gereinigd. Hiervoor is het soms noodzakelijk dat hij uit bedrijf wordt genomen (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2015).

Bij vervuiling spelen ook meerdere processen een rol tijdens de toe- of afname van de vervuiling. De afzettingssnelheid wordt bepaald door:

- Reactiesnelheid (kristallisatie, polymerisatie en corrosieachtige vervuiling);
- Kernvorming (beginnende vervuiling);
- Diffusie;
- Zwaartekracht afhankelijke sedimentatie (in het bijzonder bij grote vaste deeltjes en lage stromingssnelheden).

Bevuiling heeft belangrijke gevolgen voor het ontwerp van de rioolwarmtewisselaar. Bevuiling heeft dan ook een aanzienlijk economisch verlies tot gevolg, omdat het direct initiële kosten, onderhouds- en bedrijfskosten en de prestatie van de rioolwarmtewisselaar beïnvloedt.

4.3 Kostenkentalen TEA systemen

Daarnaast zijn in de factsheets ook kostenkentalen van de componenten opgenomen. Van de afzonderlijke systemen is aangegeven wat de aanlegkosten en de onderhoudskosten zijn.

4.3.1.1 Overzicht

Om de belangrijkste voor- en nadelen naast elkaar te zetten is een overzicht weergegeven in Tabel 4.1 van de systemen zoals eerder beschreven .

Tabel 4.1 Overzichtstabel voor- en nadelen rioolwarmtewisselaars

Eigenschap	Vrijerval, intern wisselaar bestaand systeem (Uhrig thermliner)	Vrijerval interne wisselaar prefab systeem (Rabtherm)	Vrijerval externe wisselaar prefab systeem (Frank)	Persriool (bypass) externe wisselaar prefab (Doorgeest Energietechniek)
Opbrengst per meter (diameter 400 mm)	1 - 1,5 kW/meter	1 - 1,5 kW/meter	0,5 kW/meter	1 - 1,5 kW/meter
Kosten per meter	1200 - 1400	1200 - 1400	800 – 1000	500 – 1200
Beïnvloeding hydraulische werking riool	Beperkt	Beperkt	Niet	Niet
Beheerskosten riool	Beperkt	Beperkt	Beperkt	Beperkt
Robuustheid (minimale levensduur werking wisselaar)	30 jaar	50 jaar	50 jaar	30 jaar

4.4 Beslisboom TEA systemen

Een beslisboom, waarmee ontwikkelaars zicht krijgen in de mogelijkheden om een TEA-systeem aan te leggen in een bepaalde wijk. De beslisboom geeft inzicht in technische randvoorwaarden die nodig zijn om een TEA systeem aan te leggen. De beslisboom geeft gemeente, waterschappen, projectontwikkelaars inzicht in de verschillende stappen in het proces van een TEA systeem. De beslisboom is in delen weergegeven in Bijlage 7. Stap 1 is de globale haalbaarheid TEA systeem, waarbij het aanbod aan thermische energie uit het riool wordt vergeleken met de warmtevraag van het/de object(en).

In stap 2 wordt de haalbaarheid verder uitgewerkt in een gedetailleerde haalbaarheid. Deze stap kent 2 richtingen, enerzijds de processtap, waarbij de eigenaar van het afvalwater wordt betrokken bij het proces. Anderzijds wordt de techniek gekozen passend bij de type afvalwaterafvoer.

De keuze van de warmtewisselaar is in de 3^e stap in detail uitgewerkt.

Referenties

TED systemen

- Agudelo-Vera, C. *et al.* (2020), *Drinking Water Temperature around the Globe: Understanding, Policies, Challenges and Opportunities*. *Water* 2020, 12, 1049. <https://doi.org/10.3390/w12041049>
- Bloemendal, M. *et al.* (2017), *Verdieping Warmte en Koude uit Drinkwater*, Rapport BTO 2017.072, KWR, Nieuwegein.
- Geudens, P.J.J.G; van Grootveld, J. (2017). *Drinkwaterstatistieken 2017*. Vewin, Den Haag.
- MilieuCentraal (2018) <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/snel-besparen/grip-op-je-energierekening/gemiddeld-energieverbruik/>, bezocht op 8 juni 2018.
- Moerman, A. *et al.* (2019), *Aquathermie in Tilburg: warmte en koude uit drinkwater. Evaluatie TED-installatie bij Fontys Hogeschool*, Rapport KWR 2019.021, KWR, Nieuwegein.
- Moerman, A. (2019), *Calculator voor thermische energie uit drinkwater (TED), versie 2*, KWR, Nieuwegein.
- TKI Urban Energy (2019), *Warmtenetten Onttrafeld*.
- Vewin (2019). *Kerngegevens Drinkwater 2020*. Vewin, Den Haag.

TEA systemen

- Brandenburger (2019). *Brandenburger Heatheatliner*, flyer
- Cornelis E., Van Esch L. (2014). *Opmaak kanskaart riothermie voor Antwerpen*. VITO NV
- RVO (2015). *Best practice selectie en conditiebewaking warmtewisselaars*, Publicatienummer: RVO-122/1501/RP-DUZA
- Wanner (2006). *Eawag news – biofilms*, 60^e edition, July 2006

Bijlage 1 : Overzicht bestaande TEO systemen

Een overzicht van alle (bekende) bestaande TEO systemen in Nederland. Voornaamste bron is de lijst van het Netwerk AquaThermie (NAT). Deze lijst is aangevuld met de projecten die intern bij IF Technology en Techniplan Adviseurs bekend zijn en welke via het internet openbaar zijn gemaakt.

Tabel B1.1: Overzicht aquathermiesystemen

Projectnaam	Projectlocatie	Koude of warmte onttrekking	WKO	Naam watergang	Soort watergang
Stadhuis	Almelo	Koude	Ja	Waterboulevard	Stadsgracht
Smart polder Ziekenhuis ZGT	Almelo	Koude	-	Leemslagerplas & Weezebeek	Zandwinplas
Vathorst	Amersfoort	Warmte	Ja	Laak	Lokale watergangen
Westwijk 1,2 en 4	Amstelveen	Warmte	Ja	-	Lokale watergangen
Houthaven centrale A	Amsterdam	Beide	Ja	het IJ	Rivier
Jakarta Hotel	Amsterdam	Beide	Ja	het IJ	Rivier
Congreshotel Overhoeks	Amsterdam	Onbekend	Ja	het IJ	Rivier
Amsterdam Centraal station	Amsterdam	Warmte	Ja	het IJ	Rivier
Congreshotel Overhoeks	Amsterdam	Koude	Ja	het IJ	Rivier
Zuidas	Amsterdam	Koude	Nee	Nieuwemeer	Zandwinplas
Oostelijke Handelskade	Amsterdam	Warmte	Ja	IJhaven	Rivier
Schoonship	Amsterdam	Beide	Nee	Johan van Basselkanaal	Kanaal
Woonschip	Amsterdam	Warmte	Nee	het IJ	Rivier
Bedrijf/woonhuis	Amsterdam	Warmte	Nee	Nieuwemeer	Plas
Bakhuizen	Bakhuizen	-	-	-	Lokale watergangen
Broekpolder	Beverwijk	Warmte	Ja	-	Lokale watergangen
Blaricummeent	Blaricum	Warmte	Ja	Blaricummeent	Lokale watergangen
Weideveld	Bodegraven	Warmte	Ja	Oude rijn	Rivier
Rechtbank (GGB)	Breda	Koude	Ja	De Mark	Rivier
Gemeentewerf	Capelle aan de IJssel	Warmte	Nee	Hollandse IJssel	Rivier
Merletcollege	Cuijk	Warmte	Nee	Maas	Rivier
Woonark	Delft	Warmte	Nee	Oude delft	Kanaal
Hinthamerpoort	Den Bosch	Warmte	Ja	IJzeren Vrouw	Zandwinplas
Paleiskwartier	Den Bosch	Onbekend	Ja	De ijzeren vrouw	zandwinplas
Haagse Hogeschool	Den Haag	Koude	Ja	Laakhaven kanaal	Kanaal

Waldo city	Den Haag	Warmte	Ja	Laakhaven	Kanaal
Calandkade	Den-Haag	Onbekend	Ja	Laakhaven	Kanaal
Zeewatercentrale	Duindorp	Beide	-	Derde haven	Zee
Jachthaven Eemnes	Eemnes	Warmte	Nee	Eemmeer	Plas
Ouverture Goes	Goes	Warmte	Ja	-	Lokale watergangen
Boschkens	Goirle	Beide	Ja	Oostplas	Plas
Hoog Dalem	Gorinchem	Warmte	Ja	-	Lokale watergangen
Tasmantoren	Groningen	Warmte	Ja	Eemskanaal van starckenborgkanaal	Kanaal
Grunobuurt	Groningen	Beide	Ja	Noor-Willemskanaal	Kanaal
Provinciehuis gasloos	Groningen	Warmte	Ja	Turfsingel	Kanaal
Mariastichting	Haarlem	Warmte	Ja	Binnen spaarne	Rivier
Wavin	Hardenberg	Koude	Ja	Radewijkerbeek	Kanaal
Rotterdam	Havenloft	Beide	Nee	Nassauhaven (nieuwe maas)	Rivier
Warm huis aan de Tsjonger (monumentaal pand)	Heereveen	Warmte	Nee	Tsjonger	Lokale watergangen
De Draai	Heerhugowwaard	Warmte	Ja	Oostertocht	Lokale watergangen
Hurks	Helmond	Koude	Ja	Watergang langs Europaweg	Lokale watergangen
Kippenfokkerij	Herveld	Onbekend	-	-	Zandwinplas
COBB	Herveld	Koude	-	-	Zandwinplas
De Mossen	Houten	Warmte	Ja	De Rietplas en de Oostlakerplas	Zandwinplas
Bosrijk Efteling	Kaatsheuvel	Onbekend	-	-	Lokale watergangen
UPC	Leeuwarden	Koude	Ja	Harlingervaart	Kanaal
Achmea	leeuwarden	Onbekend	-	Westerstadsgracht	Stadsgracht
Rotterdam	Maastoren	Koude	Ja	Maaswater	Rivier
UWC	Maastricht	Warmte	Ja	-	Plas
Glastuinbouwbedrijf	Monster	Beide	Nee	De poel	Lokale watergangen
Glastuinbouwbedrijf Knoppert	Naaldwijk	Beide	Nee	-	Plas
Het Klooster	Nieuwegein	Warmte	Ja	Schalkwijksewetering	Lokale watergangen
Nieuwvenne	Nieuwveen	Warmte	Ja	-	Lokale watergangen
Woonhuis deels ark	Nigtevecht	Warmte	Nee	Vegt	Rivier
Merwehoofd	Papendrecht	Warmte	Ja	Beneden merwede	Rivier
Keijzershog	Pijnacker	Warmte	Ja	Plas van buijsen	Plas
Braassemermeer	Roelofarendsvveen	Warmte	Nee	Braassemermeer	Plas
Havenkwartier	Rotterdam	Koude	Ja	Maashaven	Haven
Port city	Rotterdam	Warmte	Ja	Waalhaven	Haven
Campus woudenstein	Rotterdam	Onbekend	-	-	Lokale watergangen

Glastuinbouwbedrijf Knoppert	s-Gravenzande	Beide	Nee	-		Lokale watergangen
Glastuinbouwbedrijf Knoppert	s-Gravenzande	Beide	Nee	-		Lokale watergangen
Glastuinbouwbedrijf Knoppert	s-Gravenzande	Beide	Nee	-		Lokale watergangen
Strandpark	Slijk-Ewijk	Koude	Ja	-		Zandwinplas
Eeserwold	Steenwijk	Koude	-	Eesermeer		Zandwinplas
Kasteel	Swalmen	Warmte	Nee	Kasteelgracht		Kanaal
Arkenbouw (Proefopstelling)	Urk	Beide	Nee	Urkervaart		Kanaal
Gat van Hage	Valburg	Koude	Nee	Gat van Hage		Zandwinplas
Vinkeveenseplassen	Vinkeveen	Beide	Nee	Vinkeveenseplas		Plas
Torckdael	Wageningen	Warmte	Ja	Stadsgracht		Stadsgracht
Defensie eiland	Woerden	Warmte	Ja	Singel		Stadsgracht
Waterrijk Woerden	Woerden	Warmte	Ja	Cattenbroekerplas		Plas
PI2	Zaandam	Koude	Ja	Hoofdtocht		Lokale watergangen
Waterrocks	Zeewolde	Beide	Nee	Wolderwijd		Lokale watergangen
Stromenbuurt	Zoetermeer	Warmte	Ja	-		Lokale watergangen
Buyten Oosterheem	Zoetermeer	Onbekend	-	-		Lokale watergangen

Bijlage 2 : Factsheets TEO

- Houthaven
- Jakarta hotel
- Haagse Hogeschool
- Hinthamerpoort
- Mariastichting
- Maastoren
- Port city
- Gemeentewerf
- Energie uit zeewater

A Algemene eigenschappen

Locatie: Houthavens, Amsterdam
Eigenaar: Westpoort Warmte (joint venture Vattenfall & AEB)
Ontwerp: IF Technology
Aanleg: Kropman
Beheer: Vattenfall
Operationeel sinds: 2014/2015
Warmte en/of koudewinning: Koude regeneratie + directe koude levering mogelijk
Waterkwaliteit: Zout/brak
Aanlegkosten: € 258.000 (schatting TEO)
Beheer en onderhoudskosten: € 10.000/jaar (schatting TEO)

B Technische eigenschappen

Energieopbrengst: max. 1000 MWh/jaar
Temperatuur verschil: 6 °C
Debiet systeem: maximaal 250 m³/u
Maanden operationeel: December – April (vanwege temperatuur van oppervlaktewater)
Systeembeschrijving: Koude invangen (regeneratie)

Bron	WKO gekoppeld	Warmtepomp	Piekvoorziening
TEO IJwater	Ja, via gebouwszijde	Niet aanwezig	Niet aanwezig

C Componenten

Inlaat en uitlaat: locatie: Onder een stalen steiger
Voorfilter: Aanzuigkorven (2500 micron)
Fijnfilter: TwinOmatic (500 micron)
Pomp: Lowara/Xylem SHE zelfaanzuigende pompen (2x)
Warmtewisselaar: Titanium platenwisselaar

D Opmerkingen / ervaringen

Opmerkingen met betrekking tot ontwerpkeuzes:

- Aangesloten op een koudenet voor appartementen.
- Gelijktijdig koude leveren en laden mogelijk.
- TEO voor het balanceren van de bron door regeneratie van koude gedurende de winter.

Ervaringen met betrekking tot de operatie:

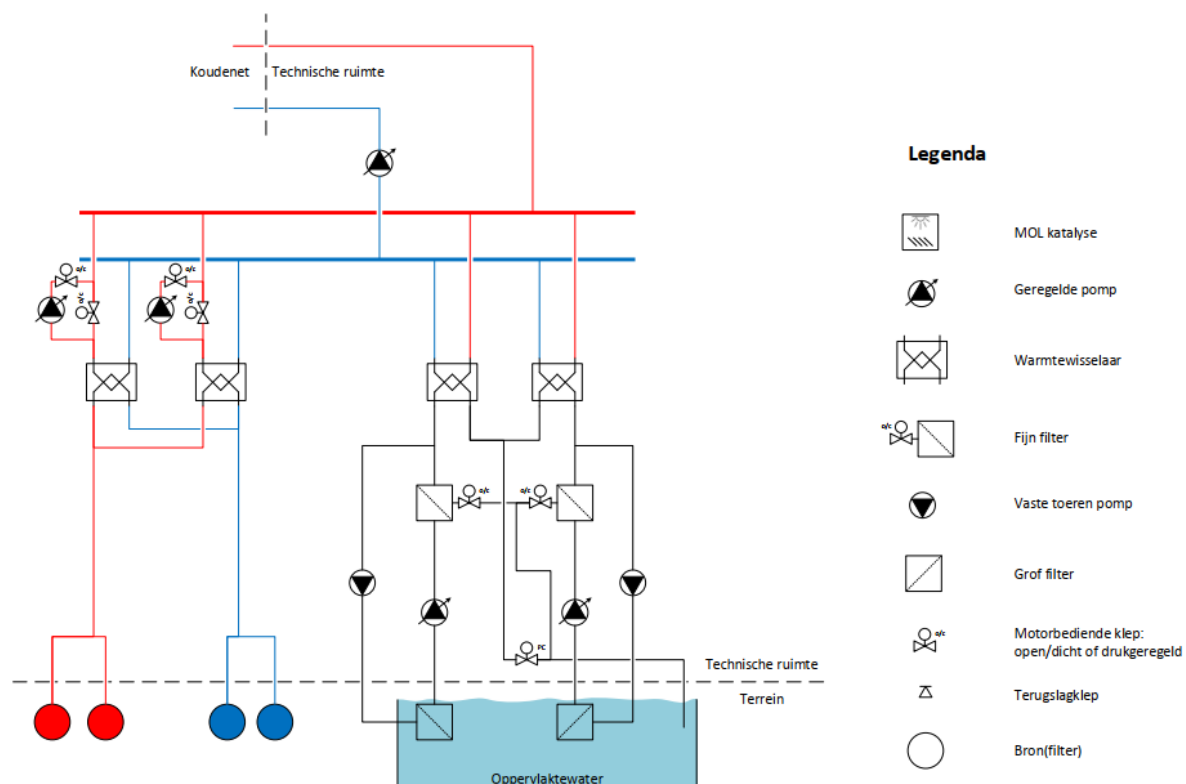
- TEO heeft goed gedraaid het afgelopen jaar.
- Elektrolyse apparaat verwijderd.
- TwinOmatic filter vaak handmatig schoonmaken, grover filter geplaatst (50 --> 500 micron).
- Aanzuigkorf vaak vuil, later gaasscherm om de inlaatconstructie gebouwd.

Foto:



Figuur 1 | Tijdelijke inlaatconstructie in aanbouw (systeem 1 / 2). Nog in afwachting op een definitieve locatie aan de kade.

Systemschets:



A Algemene eigenschappen

Locatie: Java eiland, Amsterdam
Eigenaar: Jakarta Hotel
Ontwerp: IF Technology
Aanleg: Haitjema
Beheer: ULC
Operationeel sinds: 2018
Warmte en/of koudewinning: Back-up voorziening voor koudelevering
Waterkwaliteit: Zout/brak
Aanlegkosten: € 416.000,- (schatting WKO+TEO)
Beheer en onderhoudskosten: € 17.500/jaar (schatting WKO + TEO)

B Technische eigenschappen

Energieopbrengst: Systeem dient als back-up, geen levering
Temperatuur verschil: 9 °C
Debiet systeem: 60 m³/u, (maximaal debiet)
Maanden operationeel: Ontworpen voor het leveren van koude
Systeembeschrijving: back-up voorziening voor koudelevering

Bron	WKO gekoppeld	Warmtepomp	Piekvoorziening
TEO IJwater	Ja, via gebouwszijde	Centraal	-

C Componenten

Inlaat en uitlaat: locatie: bevestigd aan de kade
Voorfilter: Aanzuigkorf (Groffilter)
Fijnfilter: UDI discfilters (Zelfreinigend)
Pomp: ESHE50-200/110/P25VSSA (zelfaanzuigende pomp)
Warmtewisselaar: Titanium platenwisselaar

D Opmerkingen / ervaringen

Opmerkingen met betrekking tot ontwerpkeuzes:

- WKO is primair de bron voor koudelevering. De TEO installatie is een back-up voor als de WKO niet functioneert.

Ervaringen met betrekking tot de operatie:

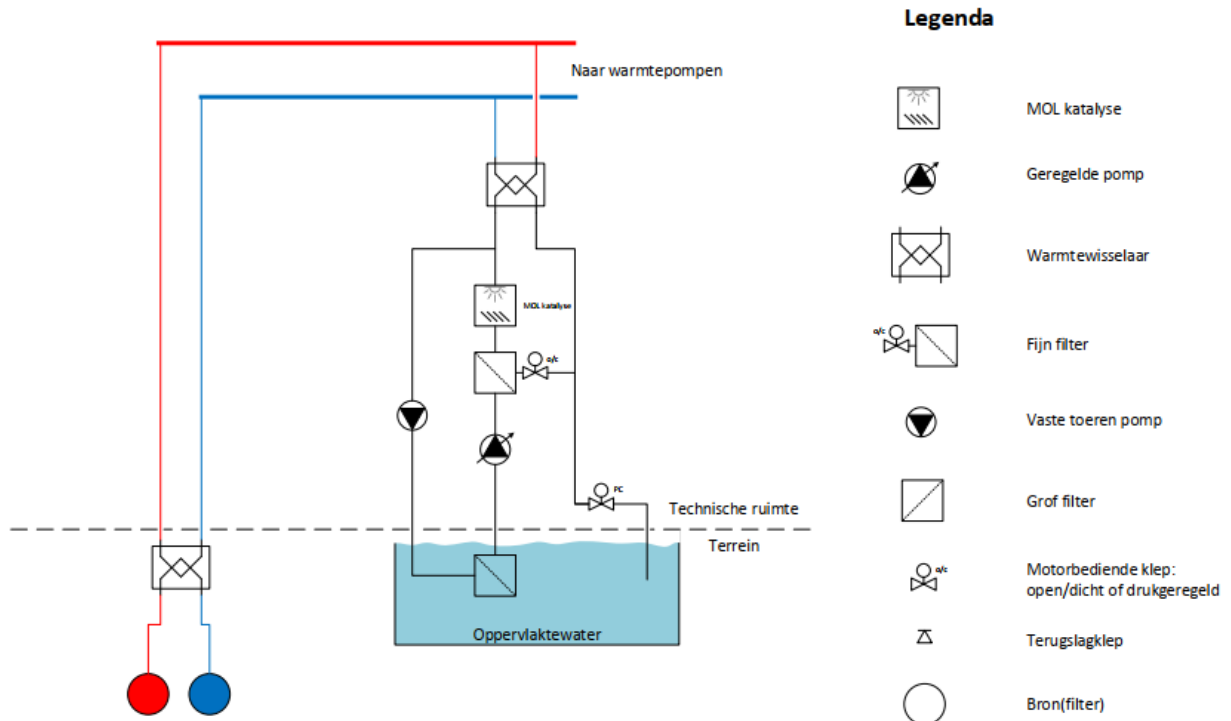
- Nu is de TEO enkel als back-up voorziening voor koeling aanwezig.
- Ideeën om in de toekomst structureel koude te leveren met TEO.

Foto:



Figuur 2 | Technische ruimte (put) met op de voorgrond de monobron en op de achtergrond de filterpotten (discfilters)

Systemschets:



A Algemene eigenschappen

Locatie: Laakhaven, Den Haag
Eigenaar: Haagse Hogeschool
Ontwerp: IF Technology
Aanleg: Haitjema
Beheer: Haitjema
Operationeel sinds: 2017
Warmte en/of koudewinning: Koude regeneratie
Waterkwaliteit: Zoet
Aanlegkosten: € 2.000.000,- (schatting WKO+TEO)
Beheer en onderhoudskosten: € 60.000/jaar (schatting WKO + TEO)

B Technische eigenschappen

Energieopbrengst: max. 1500 MWh/jaar
Temperatuur verschil: 8 °C
Debiet systeem 200 m³/u (maximaal debiet)
Maanden operationeel: In de wintermaanden voor regeneratie van koude
Systeembeschrijving: Koude regeneratie

Bron	WKO gekoppeld	Warmtepomp	Piekvoorziening
TEO Laakhaven	Ja, met WKO ringnet	Per gebouw een warmtepompinstallatie	-

C Componenten

Inlaat en uitlaat: Inlaat in put achter de kade
Voorfilter: Aanzuigkorf
Fijnfilter: Discfilters
Pomp: Lowara/Xylem SHE 80-160/185 zelfaanzuigende pompen (2x)
Warmtewisselaar: Titanium platenwisselaar

D Opmerkingen / ervaringen

Opmerkingen met betrekking tot ontwerpkeuzes:

- Een inlaatput achter de kademuur, zodat er zich geen uitstekende delen in het water bevinden. Dit was een eis van het Waterschap Delfland/gemeente.

Ervaringen met betrekking tot de operatie:

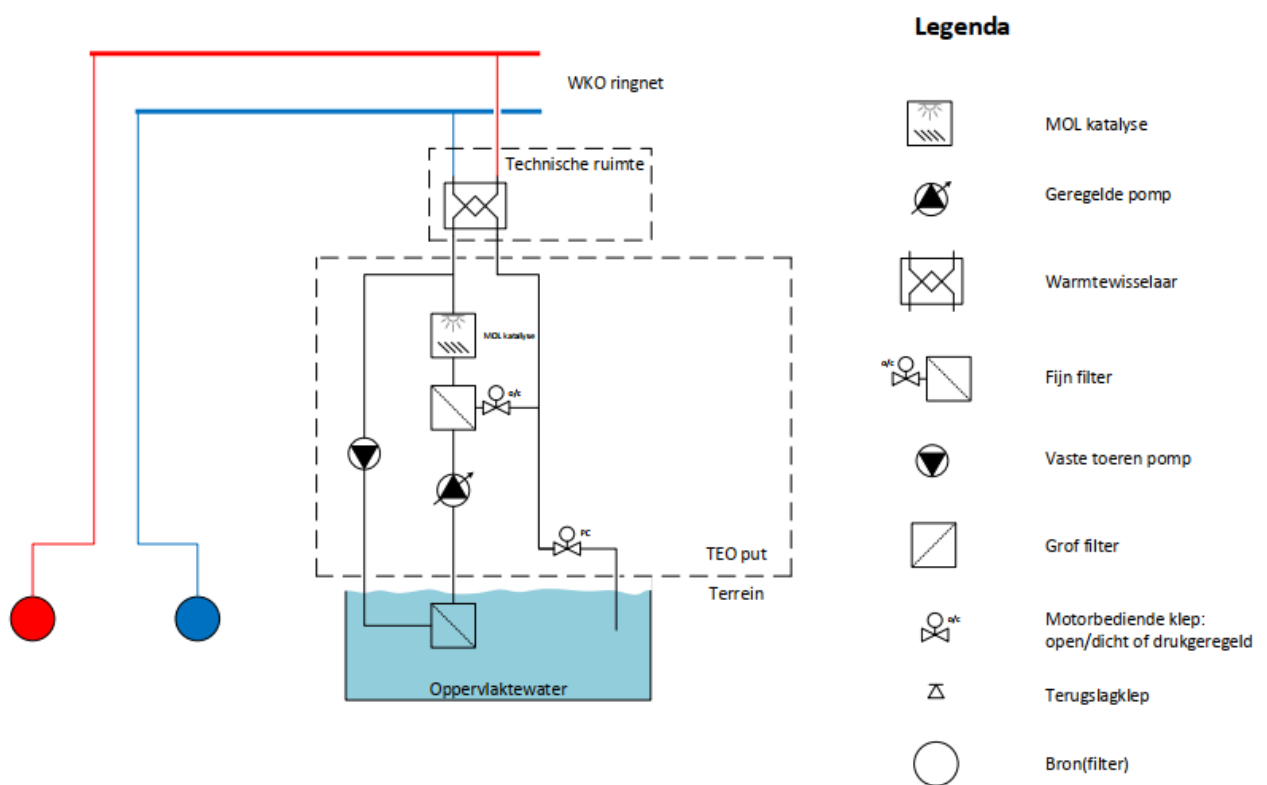
- Storing zelfreinigende filter door vervuiling. Vervuiling ontstaat soms zeer snel, in het seizoen zelfs binnen een week.
- Oplossing: aanzuigkorf op hogere hoogte en/of lagere aanzuigsnelheid tov. riviersnelheid .

Foto:



Figuur 3 | De ondergrondse TEO put met filters en pompen (links) en de projectlocatie, de Laakhaven (rechts)

Systemschets:



A Algemene eigenschappen

Locatie: Hinthamerpoort, Den Bosch
Eigenaar: Ennatuurlijk
Ontwerp: Essent/IF-technology
Aanleg: Haitjema
Beheer: Vaanster Energie
Operationeel sinds: 2008
Warmte en/of koudewinning: Warmte regeneratie
Waterkwaliteit: Zoet
Aanlegkosten: € 150.000,- (schatting TEO)
Beheer en onderhoudskosten: € 6.000/jaar (schatting TEO)

B Technische eigenschappen

Energieopbrengst: 418 MWh/jaar (max 1.425 MWh/jaar)
Temperatuur verschil: 8 °C
Debiet systeem 50 m³/u, (maximaal debiet)
Maanden operationeel: In de zomermaanden (met name mei/juni)
Systeembeschrijving: Warmte regeneratie

Bron	WKO gekoppeld	Warmtepomp	Piekvoorziening
TEO IJzeren vrouw	Ja direct met WKO	Centraal	Gasketel

C Componenten

Inlaat en uitlaat: Inlaat in een put achter het talud
Voorfilter Stalen rooster / Grof filter
Fijnfilter: Yamit ELI suction scanner / Zelfreinigende filter
Pomp: Onderwaterpomp
Warmtewisselaar: Sondex RVS 316 / platenwisselaar

D Opmerkingen / ervaringen

Opmerkingen met betrekking tot ontwerpkeuzes:

- WKO alleen voor de basislast (lage temperatuur warmtepomp). Altijd een piekvoorziening nodig om hoge temperatuur warmte te leveren. De WKO/TEO is daardoor in praktijk minder inzetbaar.

Ervaringen met betrekking tot de operatie:

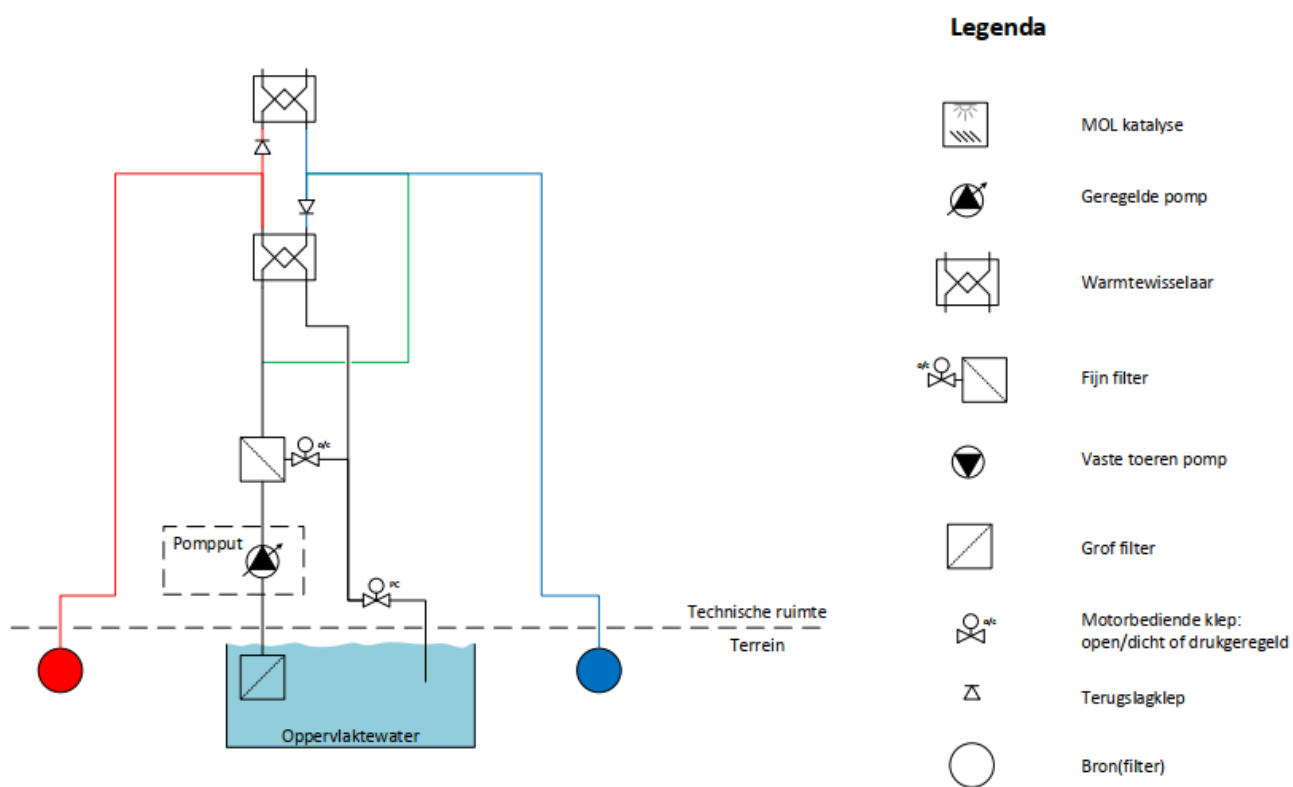
- TEO draait vooral in mei/juni, omdat er dan al genoeg warmte is geladen. Uit ervaring is er in de maanden mei en juni nog minder activiteit in het water waardoor het TEO systeem beter functioneert in die periode.
- Inlaat is verder uit de kant geplaatst na een aantal jaar door vervuiling in ondiep water langs de kant.

Foto:



Figuur 4 | Projectlocatie met oppervlaktewater (IJzeren vrouw) en de aangesloten appartementen (links) en technische ruimte met filter en warmtewisselaars (rechts)

Systemschets:



A Algemene eigenschappen

Locatie: Mariastichting, Haarlem
Eigenaar: Eteck
Ontwerp: IF Technology
Aanleg: Duurzaam opgewekt
Beheer: Onbekend
Operationeel sinds: 2015
Warmte en/of koudewinning: Warmte regeneratie
Waterkwaliteit: Zoet
Aanlegkosten: € 102.000,- (schatting TEO)
Beheer en onderhoudskosten: € 4.000/jaar (schatting TEO)

B Technische eigenschappen

Energieopbrengst: Afgelopen jaar geen opbrengst (max. 696 MWh/jaar)
Temperatuur verschil: 6 °C
Debiet systeem 50 m³/u (maximaal debiet)
Maanden operationeel: Zomermaanden (warmte laden)
Systeembeschrijving: Warmte regeneratie

Bron	WKO gekoppeld	Warmtepomp	Piekvoorziening
TEO Spaarne	Ja, direct met WKO	Centraal	E-ketel

C Componenten

Inlaat en uitlaat: Inlaatsteiger (zie foto)
Voorfilter Aanzuigkorf / Groffilter
Fijnfilter: TwinOmatic suction scanner / Zelfreinigende filter
Pomp: SHE zelfaanzuigende pomp / Circulatiepomp
Warmtewisselaar: RVS 316 / Platenwisselaar

D Opmerkingen / ervaringen

Opmerkingen met betrekking tot ontwerpkeuzes:

- TEO is later toegevoegd aan het bestaande WKO systeem.
- TEO is aangesloten nabij de koude bron, omdat deze dichtbij de inlaatlocatie ligt. Hierdoor is geen koudelevering naar het gebouw mogelijk als er warmte wordt geladen.

Ervaringen met betrekking tot de operatie:

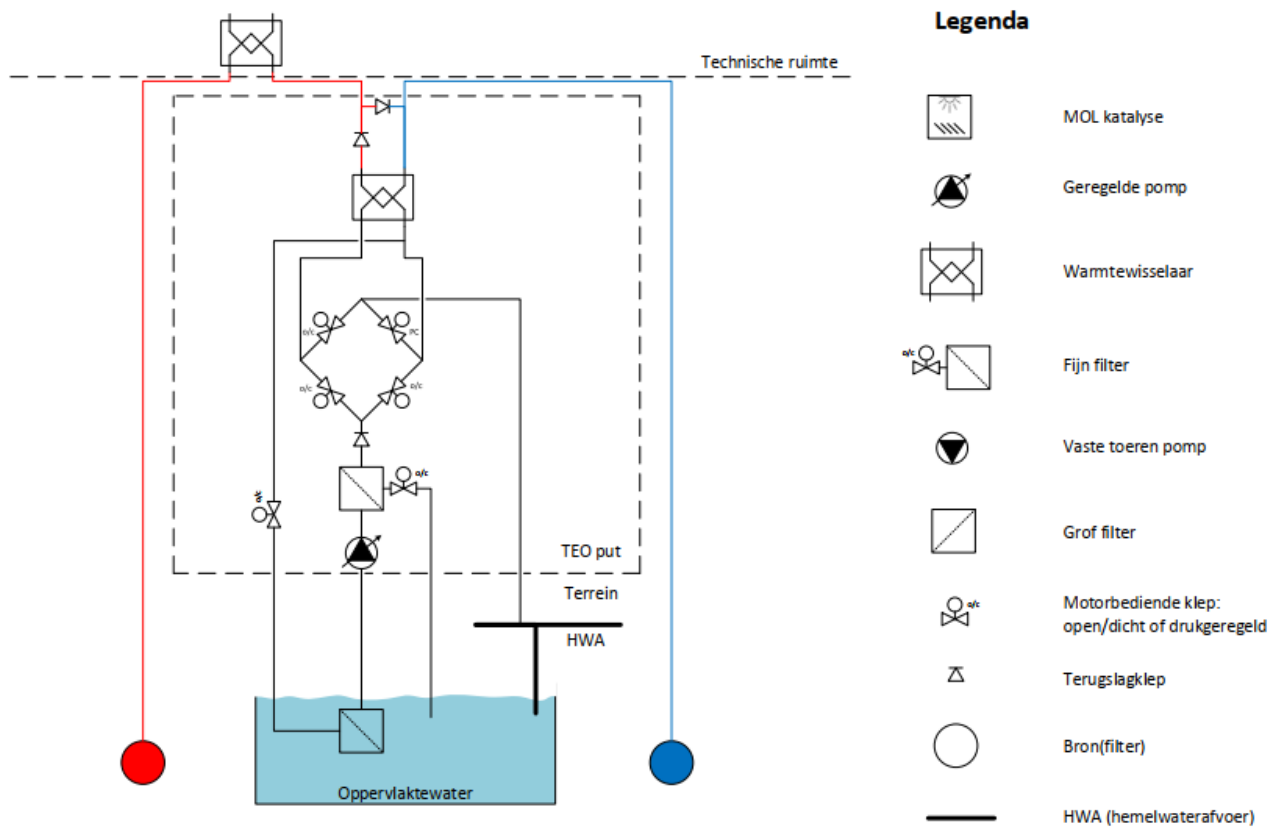
- Er is in het voorjaar van 2020 een grote overstroming geweest in de ondergrondse put. Door lekkage op terugslagkleppen (aangetast a.g.v. oppervlaktewater) is de gehele put volgelopen en de installatie onbruikbaar geraakt. Inmiddels is de installatie geheel nieuw opgebouwd, volgens de eerdere schema's en partij die ook de eerste installatie gebouwd heeft. Het systeem heeft dit jaar dus niet gedraaid.
- Tijdens hoog zomer kan het TEO-systeem alle koude uit de koude bron vernietigen, waardoor er geen koeling aan de woningen geleverd kan worden. Het TEO-systeem moet dan ook tijdens hoog zomer bedrijf aftoeren of zelfs stil staan, om een koude capaciteit te behouden. Dit probleem moet nog (regeltechnisch) worden opgelost.

Foto:



Figuur 5 | Projectlocatie aan de Spaarne (links) en de inlaatconstructie met aanzuigkorf (rechts)

Systemschets:



Maastoren

A Algemene eigenschappen

Locatie: Wilhelminakade, Rotterdam
Eigenaar: Vaanster Energie
Ontwerp: Techniplan Adviseurs B.V.
Aanleg: Roodenburg Installatiebedrijf
Beheer: Vaanster Energie
Operationeel sinds: 2009
Warmte en/of koudewinning: Koude (regeneratie + directe koude levering mogelijk)
Waterkwaliteit: Brak
Installatiekosten TEO: € 120.000 (schatting, prijspeil 2020)
Beheer en onderhoudskosten TEO: € 5.000 per jaar (schatting, prijspeil 2020)

B Technische eigenschappen

Energieopbrengst: 300-900 MWh/jaar
Temperatuur verschil: 9 °C
Debiet systeem 80 m³/u
Maanden operationeel: In de wintermaanden voor regeneratie van koude (eventueel vrije koeling)
Systeembeschrijving: Regeneratie

Bron	WKO gekoppeld	Warmtepomp	Piekvoorziening
TEO Maaswater	Met WKO	Centraal	Niet aanwezig

C Componenten

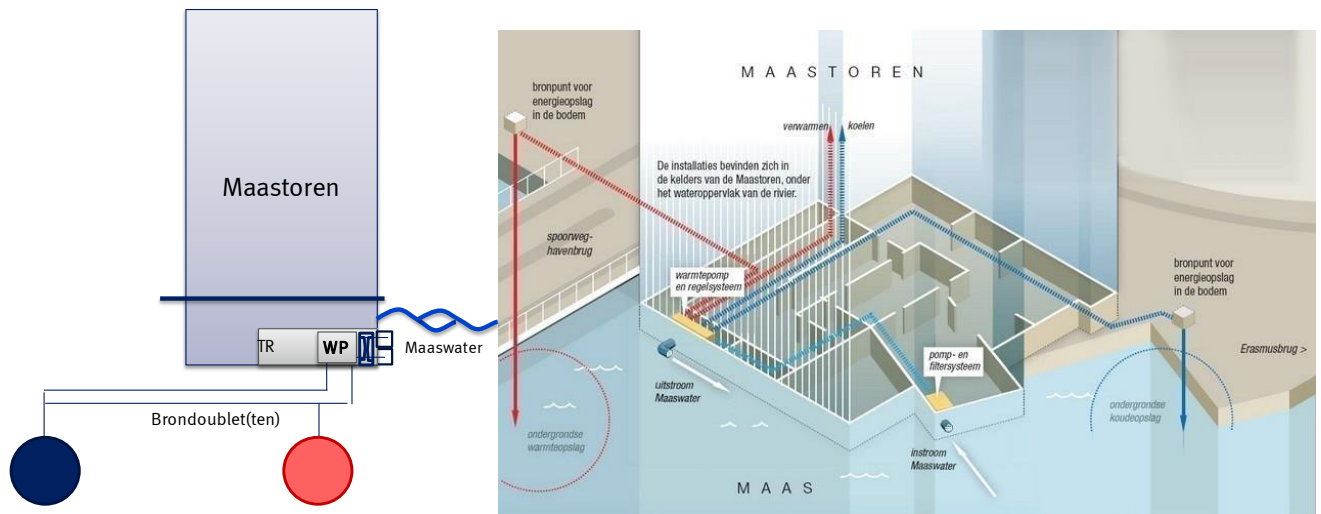
Inlaat en uitlaat: locatie: In kelderwand (diepte: 2,3 m -NAP)
Voorfilter Econosto 1187N DN125 / Groffilter
Fijnfilter: Schunemann/Econosto F450 DN100 RVS / Zelfreinigende filter
Pomp: Grundfos TPE 80-180 & Grundfos CRNE 64-1-1 RVS uitv. / Circulatiepomp
Warmtewisselaar: Alfa Laval TL10-BGF/167 870 kW / Platenwisselaar

D Opmerkingen / ervaringen

Opmerkingen met betrekking tot ontwerpkeuzes:
- Investeringskosten TEO vergelijkbaar met droge koeler omdat de in- en uitlaat direct in de kelderwand van het gebouw zijn.
- Het Maaswaterinnamepunt (pomp, filter, TSA) wordt na gebruik schoongespoeld met leidingwater en geconserveerd, hierdoor functioneert de RVS platenwisselaar nog prima.

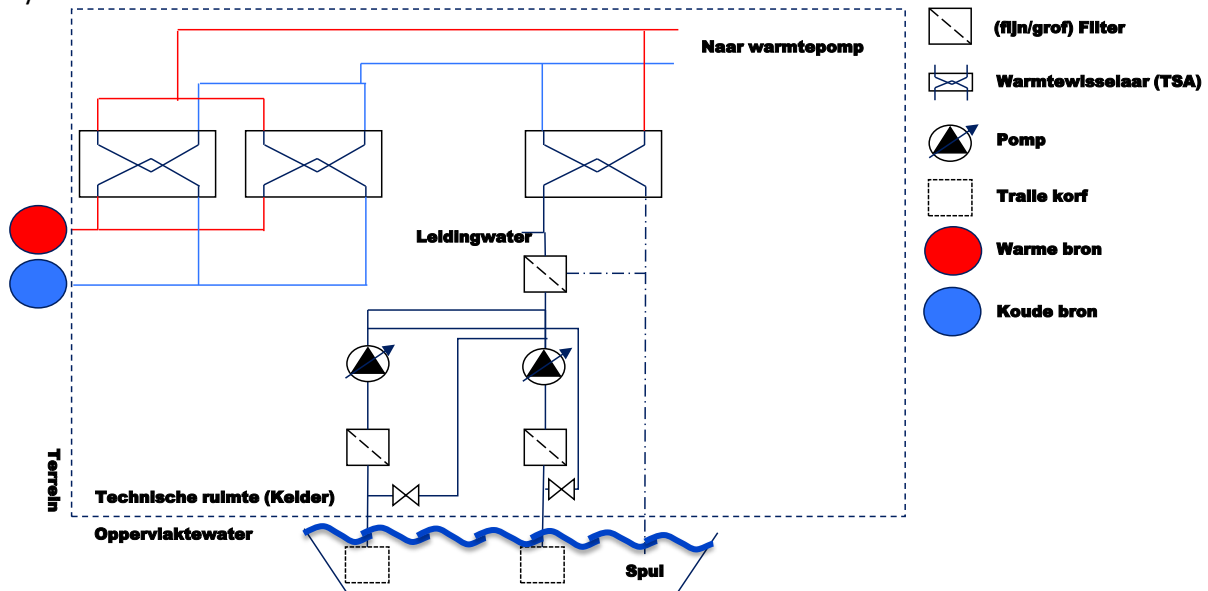
Ervaringen met betrekking tot de operatie:
- TEO draait zonder problemen;
- Warmtepomp draaien vaak in deellast door dimensionering.

Foto:



Figuur 1 Schets TEO Maastoren.

Systemschets:



De Maastoren wordt verwarmd en gekoeld met een monovalent WKO-systeem met twee warmtepompen en een brondoublet. Het TEO systeem wordt voornamelijk gebruikt voor regeneratie (energiebalansherstel) van de WKO bronnen en heeft een maximale capaciteit 80 m³/h. Het TEO systeem bestaat uit een warmtewisselaar, een zelfreinigende filter, twee pompen en twee grof filters. Het inname- en retourpunt zijn beide in de kelderwand van het gebouw gerealiseerd. Verder is er ook een spoelinstallatie waarmee bij het stilzetten de componenten met drinkwater worden gespoeld en daarna leeg worden achtergelaten om deze te conserveren.

Port city

A Algemene eigenschappen

Locatie: Waalhaven Zuid, Rotterdam
Eigenaar: Eteck (destijds Forteck)
Ontwerp: Eteck (destijds Forteck)
Aanleg: Eteck (destijds Forteck)
Beheer: Eteck (destijds Forteck)
Operationeel sinds: 2010
Warmte en/of koudewinning: Koude (regeneratie + directe koude levering mogelijk)
Waterkwaliteit: Brak
Installatiekosten TEO: € 175.000 (schatting, prijspeil 2020)
Beheer en onderhoudskosten TEO: € 10.000 per jaar (schatting, prijspeil 2020)

B Technische eigenschappen

Energieopbrengst: ca. 2200 MWh/jaar
Temperatuur verschil: 8 °C
Debiet systeem 120 m³/u
Maanden operationeel: Ontworpen voor het leveren van koude (laden WKO en vrije koeling)
Systeembeschrijving: Regeneratie

Bron	WKO gekoppeld	Warmtepomp	Piekvoorziening
TEO Waalwater	Met WKO	Centraal	Niet aanwezig

C Componenten

Inlaat en uitlaat: locatie: Onder ponton (diepte: 3,15 m -NAP)
Voorfilter Groffilter
Fijnfilter: Zelfreinigende filter
Pomp: Grundfos pomp
Warmtewisselaar: Sondex platenwisselaar

D Opmerkingen / ervaringen

Opmerkingen met betrekking tot ontwerpkeuzes:

- Het innamepunt bevindt zich onder een ponton, waardoor er geen sprake is van vervuiling door aanzuigen van slib of kroos

Ervaringen met betrekking tot de operatie:

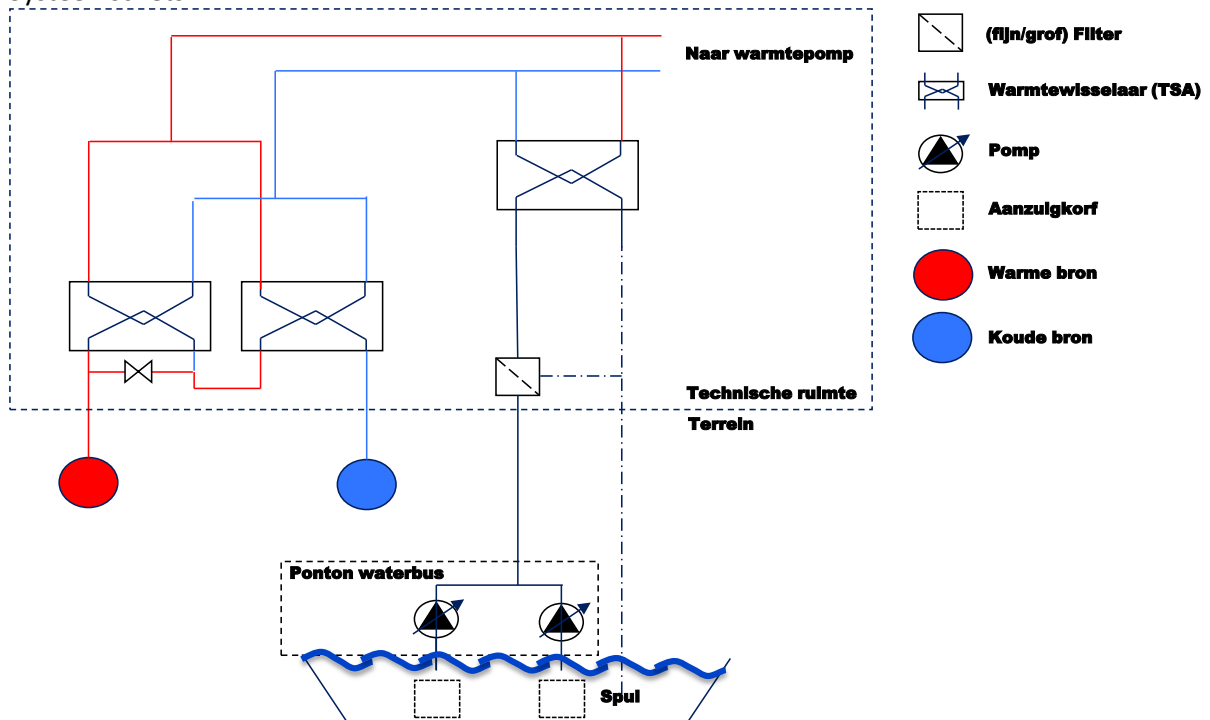
- Na twee jaar moest RVS leidingwerk en platenwisselaar vervangen worden vanwege corrosie
- Zelfreinigende Bernoulli filter houden zichzelf niet volledig schoon, moet 1 maal per jaar in zomer schoongemaakt worden
- De regeneratie aansluiting heeft de eerste jaren niet goed gefunctioneerd en is een onbalans ontstaan. Het was alleen mogelijk om overtollige warmte van de warmtepomp te 'dumpen'. Nadat dit was aangepast vielen er gaten in de warmtewisselaar en hij niet kon worden gebruikt. In 2016 zijn deze problemen opgelost en kon er weer worden geregeneert.

Foto:



Figuur 2 Innamepunt TEO Port City. Het RVS leidingwerk moest twee jaar na aanleg vervangen worden (rode pijlen)

Systemschets:



De Port City kantoorgebouwen worden verwarmd en gekoeld met een monovalent WKO-systeem met twee warmtepompen en een brondoublet. Het TEO systeem wordt voornamelijk gebruikt voor regeneratie (energiebalansherstel) van de WKO bronnen en heeft een maximale capaciteit 120 m³/h. Het TEO systeem bestaat uit een warmtewisselaar, een zelfreinigende filter, twee pompen en twee aanzuigkorven. De twee pompen en het innamepunt bevinden zich onder het ponton (Zie figuur).

Gemeentewerf

A Algemene eigenschappen

Locatie: Capelle aan de IJssel, Rotterdam
Eigenaar: Gemeente Rotterdam
Ontwerp: Onbekend
Aanleg: Onbekend
Beheer: Onbekend
Operationeel sinds: 2011
Warmte en/of koudewinning: Warmte en koude leveren
Waterkwaliteit: Zoet
Installatiekosten TEO: € 160.000 (schatting, prijspeil 2020)
Beheer en onderhoudskosten: Onbekend

B Technische eigenschappen

Energieopbrengst: max. 1300 MWh/jaar
Temperatuur verschil: 2-4 °C
Debiet systeem 37 m³/u
Maanden operationeel: hele jaar door (wanneer het oppervlaktewater temperatuur te laag is wordt er verwarmd met de ketels)
Systeembeschrijving: Directe warmte levering en in de zomer condensorwarmte lozing

Bron	WKO gekoppeld	Warmtepomp	Piekvoorziening
TEO IJwater	Zonder WKO	Centraal	HR-ketel

C Componenten

Inlaat en uitlaat: locatie: Oever (diepte inlaat: 1,5 m -NAP, diepte uitlaat: 0,5 m -NAP)
Voorfilter Aanzuigkorf
Fijnfilter: Econosto F450 met zeef 1.4571 met perforatie 2mm / Zelfreinigende filter
Pomp: KSB Etaprime 50-130 GL8. / Zelfaanzuigende pomp
Warmtewisselaar: VDL-Klima HW 21.32 ICS 340-KX18--SP / Buizenwisselaar

D Opmerkingen / ervaringen

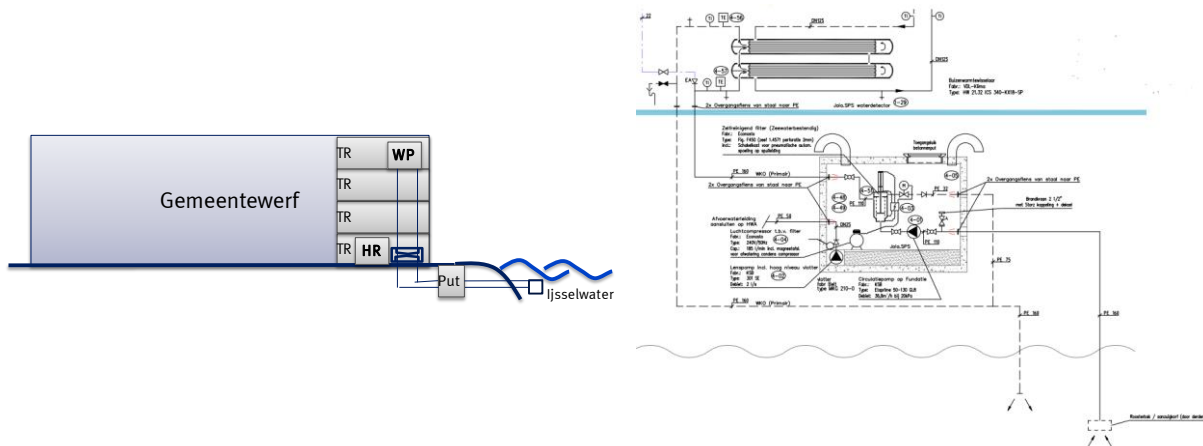
Opmerkingen met betrekking tot ontwerpkeuzes:

- De aanzuigkorf lag eerst op de rivierbodem met als gevolg dat (slib- en wier-) vervuiling werd aangezogen.
- Verder had het systeem ter plaatse van de filteropeningen een te hoge aanzuigsnelheid, waardoor vuildeeltjes aan het filter bleven zitten en het filter sneller vervuilde.

Ervaringen met betrekking tot de operatie:

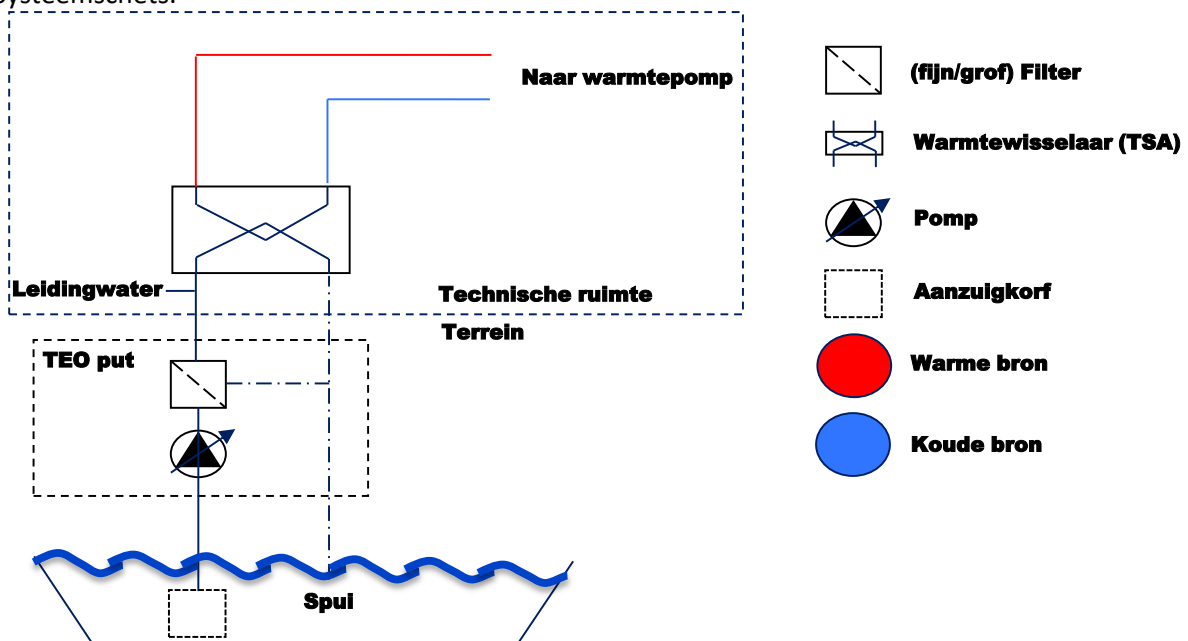
- De eerste jaren heeft het systeem niet correct gefunctioneerd. Regelmatig waren er storingen omdat de zelfreinigend filter vervuuld was. Vervuiling ontstond soms zeer snel, in het seizoen zelfs binnen een week. Er is ook een aantal keer (slib-)vervuiling van de pijpenwarmtewisselaar geconstateerd. De vervuilingproblemen ontstonden door de positie van de aanzuigkorf en de aanzuigsnelheid.
- Oplossing: aanzuigkorf op hogere hoogte en/of lagere aanzuigsnelheid tov. riviersnelheid

Foto:



Figuur 3 Schetsen van het gebouw (links) en het TEO systeem incl. pomphuis met zelfreinigende filter, buizenwisselaar etc. (rechts)

Systemschets:



Het kantoor van het gemeentewerf wordt verwarmd met warmtepompen, die verdamerzijdig zijn aangesloten op een TEO systeem dat naar de Hollandse IJssel loopt (zie figuur). s' Zomers kan het kantoorgebouw met de warmtepompen worden gekoeld, waarbij de condensorwarmte wordt geloosd op het IJsselwater. Het TEO systeem bestaat uit een warmtewisselaar, een zelfreinigende filter, een zelfaanzuigende pomp en een aanzuigkorf. De zelfreinigende filter en de pomp liggen buiten het gebouw in een put dichtbij het oppervlaktewater.

Energie uit zeewater

A Algemene eigenschappen

Locatie: X
Eigenaar: X
Ontwerp: X
Aanleg: X
Beheer: X

Operationeel sinds: 2008 (zal binnenkort worden verplaatst en gerenoveerd)

Warmte en/of koudewinning: Eerst direct warmte en koude levering. Na renovatie vooral regeneratie

Waterkwaliteit: Zout (zeewater)

Installatiekosten TEO: € 1.250.000 (schatting, prijspeil 2020)

Beheer en onderhoudskosten TEO en Energiecentrale*: € 120k per jaar (schatting, prijspeil 2020)

*op basis van huidige centrale inclusief twee centrale (ammoniak) warmtepompen

B Technische eigenschappen

Energieopbrengst: 5000-6000 MWh/jaar

Temperatuur verschil: 5 °C

Debiet systeem 450 m³/u

Maanden operationeel: Hele jaar door (daarna met WKO vooral in zomermaanden)

Systeembeschrijving: Direct warmte en koude levering. Na renovatie vooral regeneratie WKO.

Bron	WKO gekoppeld	Warmtepomp	Piekvoorziening
TEO haven	Zonder WKO (daarna met WKO)	(tijdelijk Centraal en) individueel per woning	Tijdelijk koelmachine en noodketel

C Componenten

Inlaat en uitlaat: locatie: Kade (diepte inlaat: 1,5 m -NAP, diepte uitlaat: 0,5 m -NAP)

Voorfilter Econosto figuur 1187 (brons) / Groffilter

Fijnfilter: Alfa Laval ALF 20B / Zelfreinigende filter

Pomp: KSB AU F-200-200-040BBB I09D -018546A / Zelfaanzuigende pomp

Warmtewisselaar: Alfa Laval T20-BMF-277 / Platenwisselaar

D Opmerkingen / ervaringen

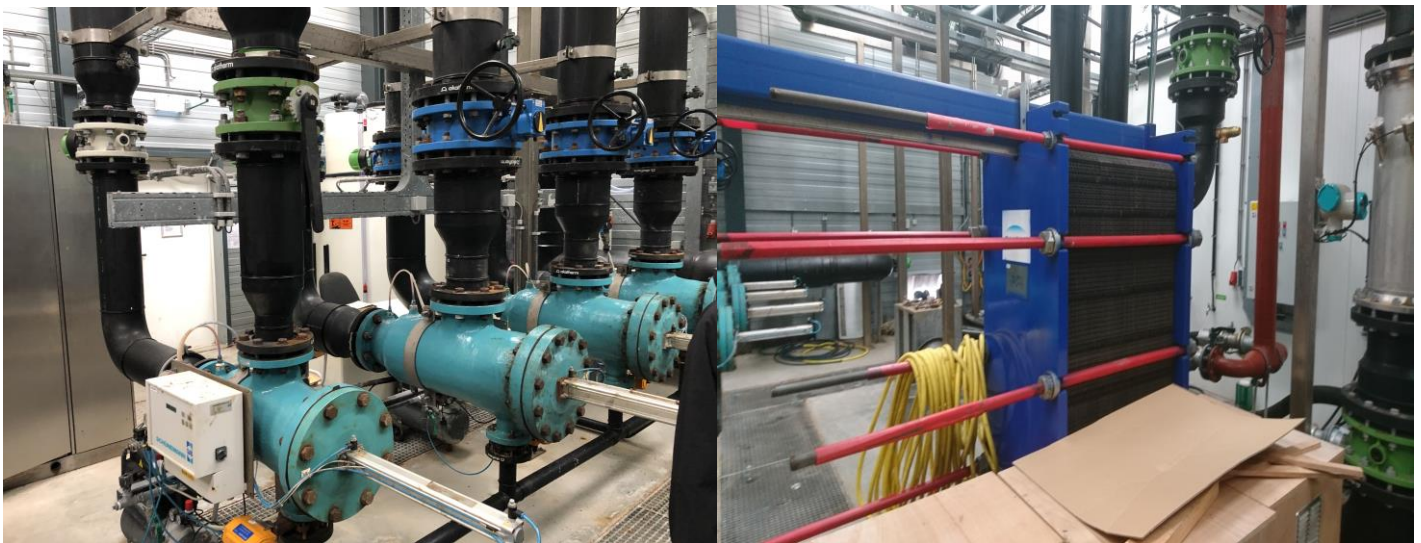
Opmerkingen met betrekking tot ontwerpkeuzes:

- Soms onvoldoende koelvermogen in zomer omdat het zeewater te warm is
- Tijdelijke oplossing: Aanvullend koelen met koelmachines

Ervaringen met betrekking tot de operatie:

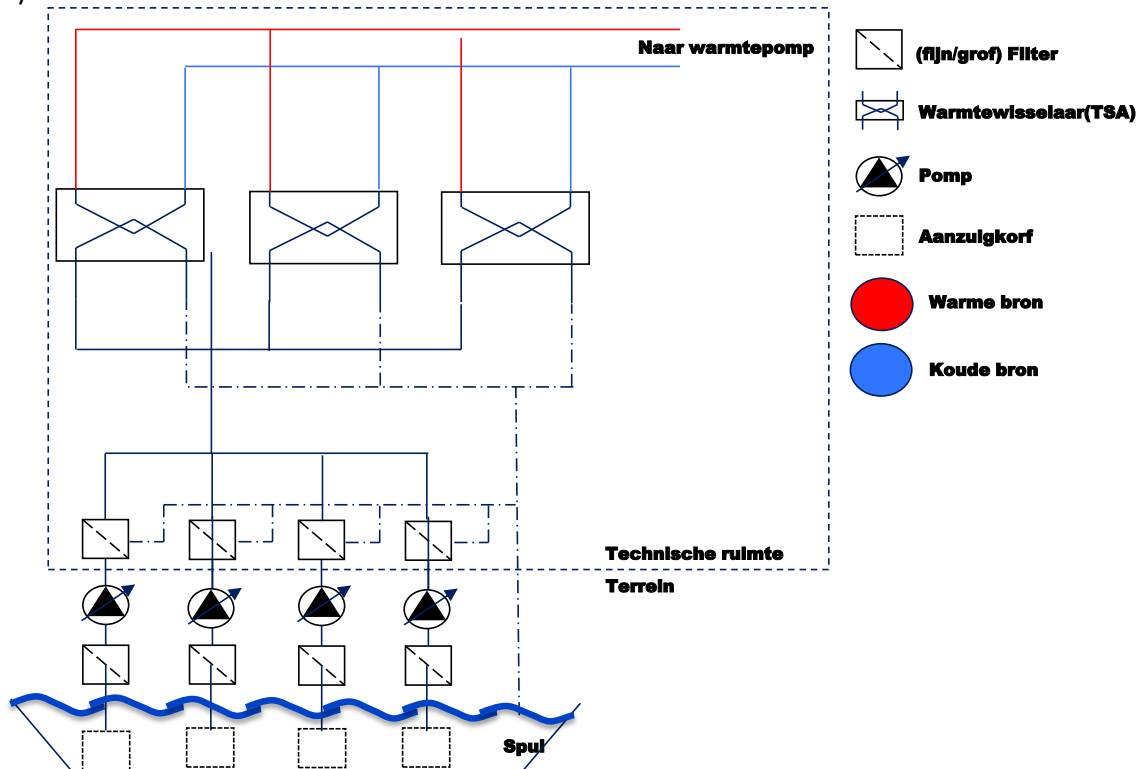
- Storingen individuele warmtepompen ter gevolge van vervuilde filters en flowsensors door afwijkende watersamenstelling c.q. vervuiling
- Slijtage van zachte onderdelen zoals pompen en afdichten door afwijkende watersamenstellen c.q. vervuiling (distributiesysteem)

Foto:



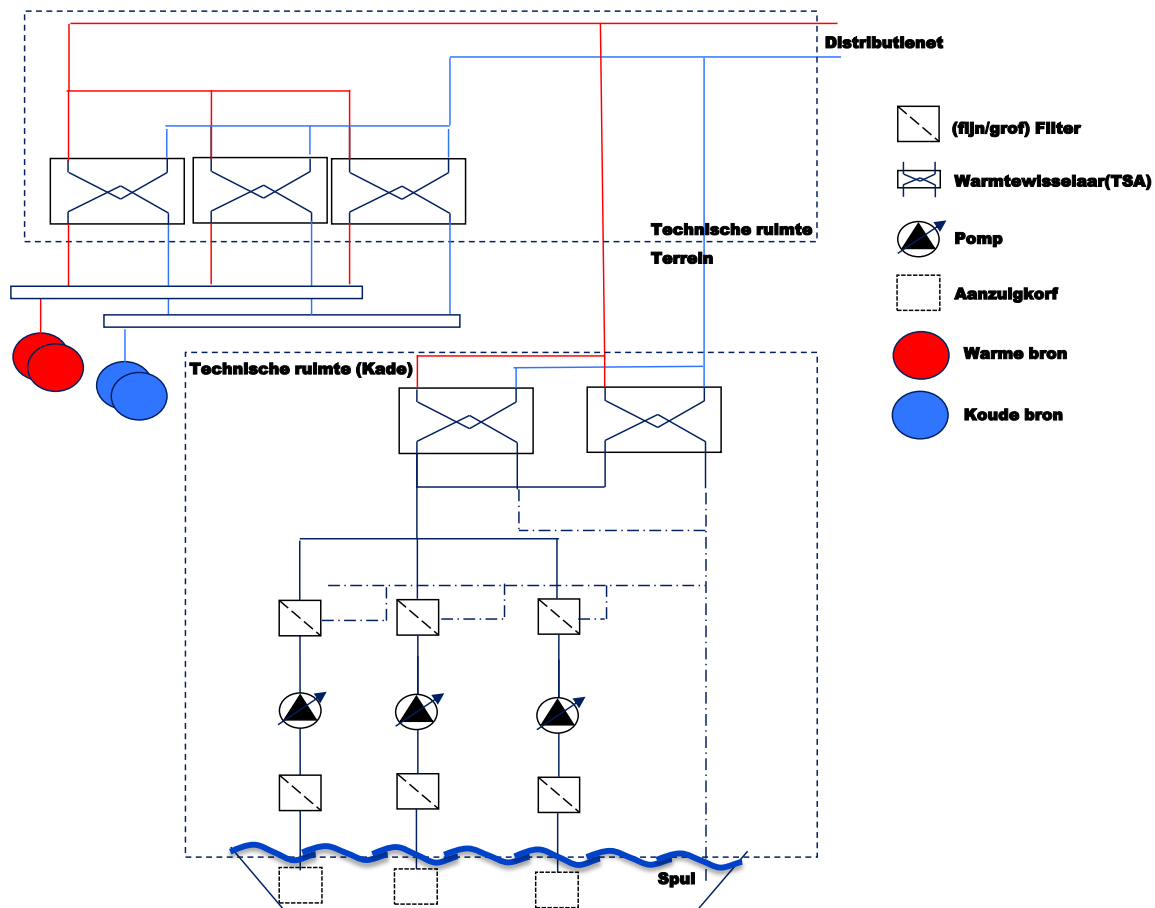
Figuur 3 Foto binnen huidige technische ruimte. Links: zelfreinigende filters, rechts: Warmtewisselaar.

Systemschets:



Bovengenoemde systemschets omschrijft de werking van de huidige zeewatercentrale. Nabij gelegen woningen worden verwarmd en gekoeld met zeewater. Het TEO systeem bestaat uit drie warmtewisselaars, vier zelfreinigende filters, vier zelfaanzuigende pompen en vier aanzuigkorven. Het TEO systeem levert zeer lage temperatuur warmte (ca. 13 °C) of hoge temperatuur koude aan het distributienet. Afnemerszijde wordt de zeer lage temperatuur warmte met individuele warmtepompen naar bruikbare warmte (ca. 45 °C) opgewaardeerd.

Doordat het systeem soms onvoldoende koel- of verwarmingsvermogen had zijn in het verleden tijdelijke noodketels en -koelers ingezet. In de toekomst zal het systeem worden omgebouwd tot een TEO systeem in combinatie met WKO (zie onderstaande figuur).



De nieuwe energiecentrale zal de aangesloten woningen verwarmen en koelen met een monovalent WKO-systeem. Het TEO systeem zal voornamelijk worden gebruikt voor regeneratie (energiebalansherstel) van de WKO bronnen. Het TEO systeem is een deel van het jaar, wanneer de zee te koud is om warmte te onttrekken, geheel buiten gebruik. Hiervoor is een spoelinstallatie bedacht waarmee bij het stilzetten voor het winterseizoen de filters met drinkwater worden gespoeld en daarna leeg worden achtergelaten om deze te conserveren.

Bijlage 3 : Factsheets TED

- Fontys Tilburg
- Plantage de Sniep
- Sanquin Amsterdam

FACTSHEET TED Fontys Tilburg

Algemene eigenschappen

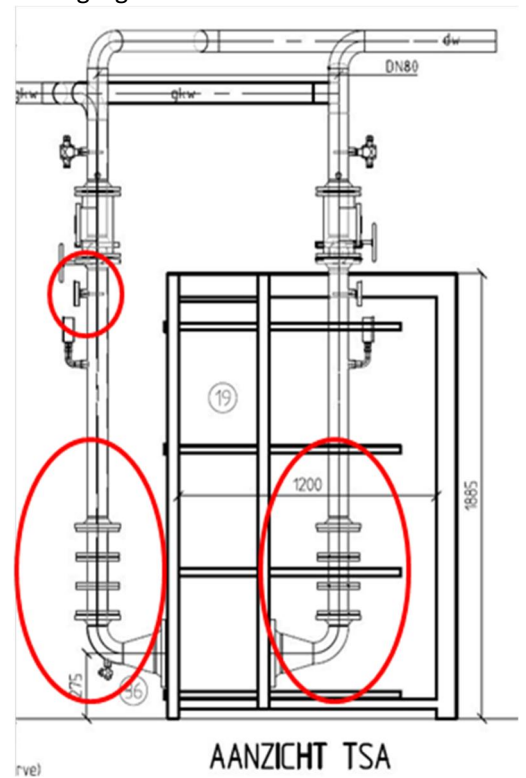
Locatie:	Fontys Tilburg
Eigenaar:	Brabant Water
Ontwerp:	Brabant Water
Aanleg:	Op hoofdleiding distributie (Ø 200 PVC)
Beheer:	Hydreco
Operationeel sinds:	2016
Aanlegkosten:	> 600 k€
Beheer en onderhoudskosten:	± € 40,= / GJ

Technische eigenschappen

Energieopbrengst:	150 GJ werkelijke opbrengst 500 GJ beoogde opbrengst
Temperatuur verschil:	Regeneratie WKO 12 – 14 °C
Debiet systeem	debiet gemiddeld 20 m ³ /uur
Maanden operationeel:	zomermaanden (warmte- onttrekking)
Systeembeschrijving:	

Systeem schets

Warmtewisselaar, zij aanzicht
drinkwaterzijdig met uitneembare
leidingsegmenten.



Bron	WKO gekoppeld	Warmtepomp	Piekvoorziening
TED	met WKO	nvt	niet beschikbaar

Componenten

Inwendig/uitwendige warmtewisselaar:

type AQ6DFG/109 2-pass van Alfa Laval

Pomp:

onbekend

Opmerkingen / ervaringen

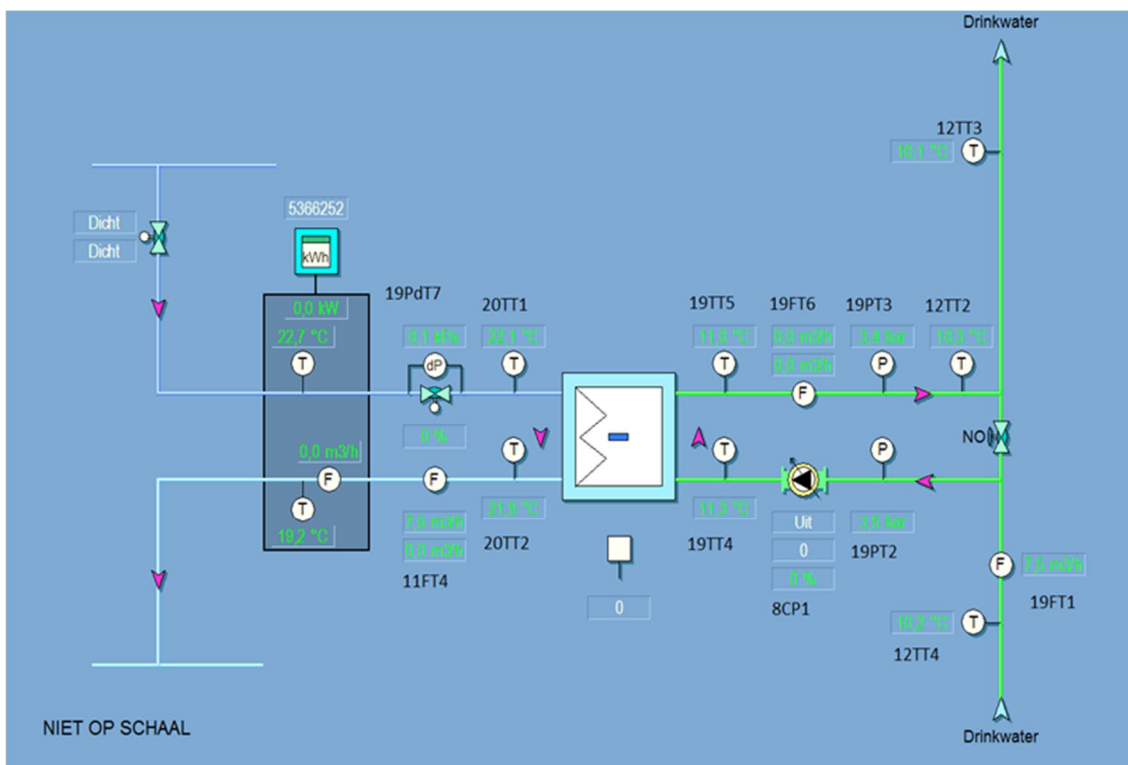
Opmerkingen met betrekking tot ontwerpkeuzes:

Het betreft een systeem dat is aangelegd voor onderzoek met veel sensoren en bijvoorbeeld uitneembare leidingsegmenten voor biofilmonderzoek. Aanlegkosten zijn daardoor niet representatief.

Materiaal warmtewisselaarplaten RVS 316 / 0,8 mm platen EPDMCT ClipOn pakkingen. Inhoud WW is 85,24 dm³ / 66,3 m² verwarmend opp.

Ervaringen met betrekking tot de operatie:

Geen reinigingsprogramma voor de warmtewisselaar. Wel spoelregime, periodiek spoelen bij inactiviteit gedurende 8 uur.



FACTSHEET TED Plantage De Sniep

Algemene eigenschappen

Locatie:	Plantage de Sniep, Diemen
Eigenaar:	Waternet
Ontwerp:	GAIA consortium (Eneco, Dura Vermeer en Unica)
Aanleg:	Op transportleiding (rein water)
Beheer:	Waternet
Operationeel sinds:	2017
Aanlegkosten:	€ 360.000,-
Beheer en onderhoudskosten:	onbekend

Systeem schets

Niet beschikbaar

Foto:

Niet beschikbaar

Technische eigenschappen

Energieopbrengst:	16.000 GJ (onbalans in WKO); 7.000 GJ in 2019
Temperatuur verschil:	warme zijde circa 20 °C naar 10 °C; koude zijde van 8 °C naar 17 °C. Eis effect op drinkwater na de bypass is maximaal 1,5 °C
Debiet systeem	max. 460 m ³ /uur warme en koude zijde
Maanden operationeel:	leveringsseizoen loopt van juni tot en met oktober (regeneratie WKO)

Systeembeschrijving:

Bron	WKO gekoppeld	Warmtepomp	Piekvoorziening
TED	met WKO	nee	nee

Componenten

Inwendig/uitwendige warmtewisselaar:

Sondex/ S130-IS10-238-TMTL78-LIQUID/ RVS (AISI 316) 2 x 0.4 mm "Sonder Safe" platen en EPDM pakkingen

Opmerkingen / ervaringen

Opmerkingen met betrekking tot ontwerpkeuzes:

Ongestoorde levering van drinkwater: 24/7. Toegepast materiaal dat in contact komt met drinkwater moet voorzien zijn van een KIWA-ATA of gelijkwaardig keurmerk. Geen bediening van afsluiters in de drinkwater stroom door derden. De drinkwaterleidingen moeten aangelegd worden volgens de hygiëncode drinkwater. De minimumtemperatuur van het afgekoelde drinkwater, al dan niet gemengd met niet-afgekoeld water, is 10°C. Buiten het "seizoen" mag er geen stilstaand drinkwater

optreden in de installatie voor warmteoverdracht. Maximale druk ter plaatse van hoofdleiding (circa 280 kPa) en geen drukstoten/schommelingen.

Maximaal debiet: 460 m³/u (warme en koude zijde) Temperatuurtraject warme zijde: circa 20°C naar 10°C, koude zijde: circa 8°C naar 17°C.

Ervaringen met betrekking tot de operatie:

- Geen reiniging TSA nodig geweest. TSA is nog niet geopend geweest voor inspectie en/of mechanische reiniging.
- Effect op drinkwatertemperatuur in hoofddrinkwaterleiding is maximaal 1,5 °C.
- Microbiologisch monitoringsprogramma op drinkwater. Tweewekelijks in leveringsseizoen.

FACTSHEET TED Sanquin Amsterdam

Algemene eigenschappen

Locatie:	Sanquin Amsterdam
Eigenaar:	Waternet/Sanquin
Ontwerp:
Aanleg:	Op transportleiding
Beheer:	Waternet (TED-deel)
Operationeel sinds:	2017
Aanlegkosten:	€ 235 /kW _{th}
Beheer en onderhoudskosten:	TCO € 5,4 mln (periode 30 jaar)

Technische eigenschappen

Energieopbrengst:	Beoogd: 30.000 GJ conform City-zen rapport (1.100 ton CO ₂ reductie) Werkelijk 10.000 GJ (seizoen 2019- 2020)
Temperatuur verschil:	jaarlijkse temperatuurrange van de bron: 5 – 20 °C.
Debiet systeem	ontwerp 500 m ³ /uur.
Maanden operationeel:	± november – april bedoeld voor regeneratie WKO

Systeembeschrijving:

Bron	WKO gekoppeld	Warmtepomp	Piekvoorziening
TED; koudenet	met WKO	nee	nee

Componenten

Inwendig/uitwendige warmtewisselaar:

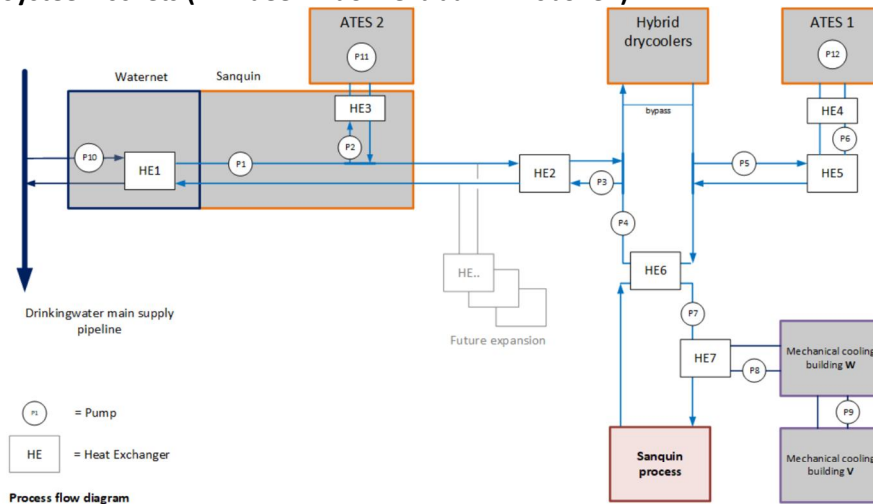
Sondex/ S130-IS10-271-TMTL48-LIQUID/ RVS (AISI 316) 2 x 0.4 mm "Sonder Safe" platen en EPDM pakkingen

Opmerkingen / ervaringen

Opmerkingen met betrekking tot ontwerpkeuzes:

TSA wordt stilgezet als de temperatuur in het aangevoerde water hoger is dan 12 °C. Om microbiologische redenen moet de temperatuur van het drinkwater onder de 15 °C blijven. Ongestoorde levering van drinkwater: 24/7. Toegepast materiaal dat in contact komt met drinkwater moet voorzien zijn van een KIWA-ATA of gelijkwaardig keurmerk. Geen bediening van afsluiters in de drinkwater stroom door derden. De drinkwaterleidingen moeten aangelegd worden volgens de hygiëncode drinkwater. Buiten het "seizoen" mag er geen stilstaand drinkwater optreden in de installatie voor warmteoverdracht. Het systeem moet volledig kunnen worden gedraaid. Maximale overdruk ter plaatse van hoofdleiding (circa 40 kPa) en geen drukstoten/schommelingen. Maximale overdruk is 100 kPa.

Systeem schets (TED-deel in donkerblauw linksboven)



Ervaringen met betrekking tot de operatie:

- Effect op de temperatuur van het drinkwater in de transportleiding is 1,5 °C. Bij stilstand wordt de TSA en het leidingwerk dagelijks gespoeld. Geen reiniging van de TSA in gesloten toestand. TSA wordt eens per 5 jaar geopend voor onderhoud. Met hoge drukspuit wordt mechanisch gereinigd conform Hygiëncode Drinkwater.
- De COP van het TED-deel van het proces is ongeveer 40. Op volle capaciteit is de COP 100. Voor het hele systeem, inclusief de farmaceutische koeling bij Sanquin, is de COP 25.
- CAPEX TED = € 235 /kW_{th} en CAPEX voor koelmachines is €110 – 120 /kW_{th}. TCO = total cost of ownership. TCO voor TED-systeem is geraamd op 5,4 mln, die voor koelmachines als alternatief op 8,04 mln (berekeningsperiode is 30 jaar).
- In de TSA drinkwaterzijdig is galvanisch corrosie aangetoond, waarschijnlijk ontstaan door grote ijzerdeeltjes die zijn blijven steken tussen de platen. Deeltjes groter dan 1,4 mm blijven steken in de TSA. Er wordt nog onderzocht wat de oorzaak is en of in dit soort systemen het gekozen roestvast staal voldoet of dat op titanium moet worden overgegaan.
- De installatie is prefab gebouwd, hierdoor is het geheel erg compact en lastig toegankelijk voor onderhoud en inspectie. Veiligheidsissues spelen daarbij ook een rol.

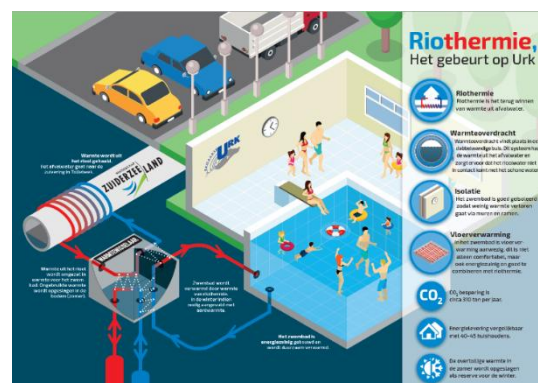
Bijlage 4 : Factsheets TEA

- Zwembad 't Bun, Urk
- Zwembad de Veldkamp, Wezep
- Vellesan College, Velzen
- Buikslotermeer, Amsterdam
- Ervaringen in Duitsland

Factsheet zwembad 't Bun, Urk

Algemene Eigenschappen

Locatie	: Zwembad 't Bun, Urk
Eigenaar	: Gemeente Urk
Ontwerp	: Doorgeest Energie Techniek
Aanleg	: 2016
Beheer	: Van Drop Zwembaden
Operationeel sinds	: 2016
Aanlegkosten	: € 650.000,00, te weten de kosten voor de aanleg van de bypass, de installatie van de WKO, de installatie van de warmtepomp, terugwinning warmte uit zwembadwater, als ook het vervangen van de pompen in het pompemaal. Kortom de investering en installatie van de volledige warmtevoorziening.
B&O-kosten	: € 2.000,00 per jaar



Technische eigenschappen

Energieopbrengst	: Rioolwarmtewisselaar 120 kW, Warmtepomp 180 kW
Delta T	: 2 – 4 graden
Debiet systeem	: 80 l/sec.
Operationeel sinds	: 2016
Systeembeschrijving	<ul style="list-style-type: none"> • Bron : Dubbelwandige RVS warmtewisselaar als bypass gemonteerd om het persriool. De totale lengte bedraagt 125 m. • WKO : 25 m³/uur • Warmtepomp : In zwembad opgestelde warmtepomp, Doorgeest warmtepomp • Piek- en backup : Middels (bestaande, aanwezige) gasketels

Componenten

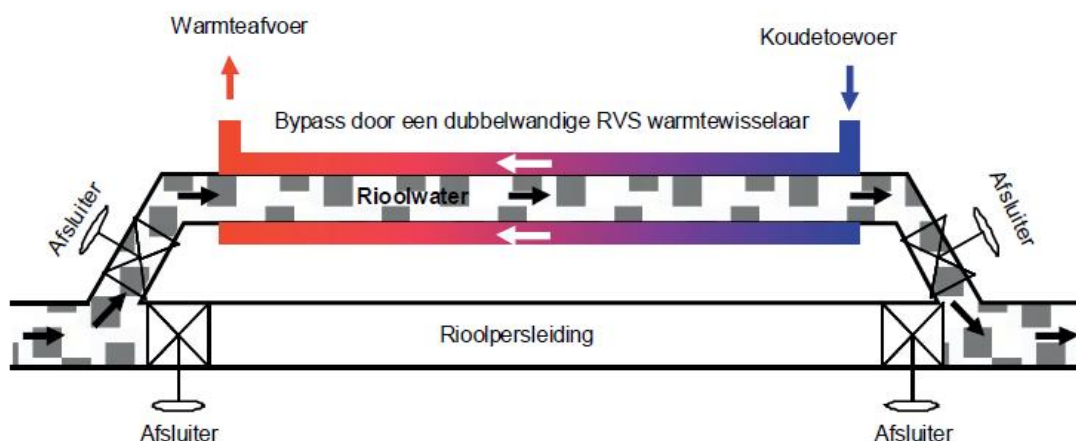
Warmtewisselaar	: Dubbelwandige RVS warmtewisselaar, ontworpen en geleverd door Doorgeest Energie Techniek
Pomp	: Doorgeest warmtepomp
Werking wisselaar	: Door de zogenaamde buis-in-buis-constructie stroomt het rioolwater door de binnenste buis naar het pompemaal, terwijl middels een tegenstroom door de buitenste buis de koelvloeistof warmte uit het rioolwater opneemt.
Filterprincipe	: Door de hoge(re) snelheid van het water in de bypass treedt er nauwelijks vervuiling op. Om die reden is geen filterprincipe toegepast.



Opmerkingen / ervaringen

Opmerkingen m.b.t. ontwerpkeuze

Zwembad 't Bun op Urk wordt verwarmd door middel van thermische energie uit het afvalwater. De rioolwarmtewisselaar bestaat uit een dubbelwandige RVS-buis, die een bypass langs de bestaande rioolpersleiding gelegd, zie onderstaande figuur. Een bypass-constructie heeft als voordeel dat door



een kleinere diameter (dan het hoofdriool) de stroomsnelheid en daarmee de hoeveelheid te winnen warmte in de bypass verhoogd wordt. Daarnaast kan de bypass afgesloten worden, mocht dit nodig zijn voor onderhoud of anderszins zonder de afvoerende functie van het riool te hinderen. De rioolwarmtewisselaar werkt volgens het tegenstroomprincipe, waarbij de warmte-uitwisseling plaatsvindt tussen het afvalwater in de binnenste buis en het koelmedium in de buitenste buis. De 'knooppunten' van de rioolwarmtewisselaar zijn in ondergrondse betonnen putten aangebracht die toegankelijk zijn, mocht er sprake zijn van een storing of het uitvoeren van onderhoud. De rioolwarmtewisselaar staat in verbinding met een Warmte-Koude Opslag (WKO). Wanneer het riool in de wintermaanden niet genoeg thermische energie kan leveren, wordt gebruik gemaakt van de warmte uit de WKO. Het zwembad bespaart jaarlijks ongeveer 165.000 m³ gas.

Ervaringen m.b.t. de operatie

Door hoge zoutgehalten in het grondwater (kwel) bleek de buis gevoelig voor corrosie. Middels kathodische bescherming is dit probleem opgelost.

Op dit moment is er een overcapaciteit doordat in normaal bedrijf voldoende warmte kan worden gewonnen uit het riool, is de warmte uit de WKO niet direct nodig. De SPF van het gehele systeem is ca 4,4. De wisselaar heeft een redelijke stabiele warmteoverdracht, de warmtewisselaar is nog niet schoongemaakt.

Factsheet zwembad De Veldkamp, Wezep

Algemene Eigenschappen

Locatie	: Zwembad De Veldkamp, Wezep
Eigenaar	: Sportfondsen Nederland
Ontwerp	: Syntraal BV
Aanleg	: 2018
Beheer	: Habel Installatie
Operationeel sinds	: 2018
Aanlegkosten	: € 450.000,00 te weten de kosten



voor aanschaf en installatie van de bufferkelder, de warmtewisselaar en de warmtepomp, incl. de aansluiting op e warmte-installatie van het zwembad

B&O-kosten	: € 12.800,00 / jaar
------------	----------------------

Technische eigenschappen

Energieopbrengst	: Rioolwarmtewisselaar 300 kW, Warmtepomp 120 kW bij 25 graden, 250 kW bij 35 graden
Delta T	: ca. 5 graden
Debiet systeem	: n.v.t.
Operationeel sinds	: 2018
Systeembeschrijving	
• Bron	: Dubbelwandige RVS warmtewisselaar, specifiek ontworpen, inpandig geplaatst.
• WKO	: Niet van toepassing
• Warmtepomp	: In zwembad opgestelde warmtepomp, Vitocal 350 HT Pro
• Piek- en backup	: Middels (bestaande, aanwezige) gasketels

Componenten

Warmtewisselaar	: Dubbelwandige RVS warmtewisselaar, ontworpen en geleverd door Doorgeest Energie Techniek
Pomp	: Viessmann Vitocal 350 HT PRO
Werking wisselaar	: Het rioolwater wordt vanuit een bufferkelder onder de parkeerplaats naast het zwembad door de zogenaamde buis-in-buis-constructie gevoerd, waarbij middels een tegenstroom door de buitenste buis de koelvloeistof warmte uit het rioolwater opneemt.



Warmtewisselaar waarbij het koelwater van de warmtepomp rondom het afvalwater stroomt. Het afvalwater stroomt in de kleine buisjes in de wisselaar volgens het tegenstroomprincipe

Filterprincipe : Door de hoge(re) snelheid van het water in de bypass treedt er nauwelijks vervuiling op. Om die reden is geen filterprincipe toegepast.

Opmerkingen / ervaringen

Opmerkingen m.b.t. ontwerpkeuze

Zwembad De Veldkamp in Wezep wordt verwarmd door middel van thermische energie uit het afvalwater. Dit water is afkomstig van CelaVita en heeft een temperatuur van circa 30 graden C. In het weekend valt de productie bij CelaVita grotendeels stil. Dat betekent dat er dan veel minder rioolwater wordt aangevoerd, terwijl het zwembad dan wel ene warmtevraag heeft. Om ook in het weekend in de warmtevraag te kunnen voorzien, is onder de parkeerplaats bij het zwembad een bufferkelder aangelegd van circa 80 m³. Hiermee wordt voldoende warm water gebufferd om ook in het weekend warmte te kunnen winnen voor het zwembad. De rioolwarmtewisselaar bestaat uit een dubbelwandige RVS-buis, die op maat is ontworpen en in de technische ruimte van het zwembad is geplaatst. De rioolwarmtewisselaar werkt volgens het tegenstroomprincipe, waarbij de warmte-uitwisseling plaatsvindt tussen het afvalwater in de binnenste buis en het koelmedium in de buitenste buis. Het zwembad bespaart jaarlijks ongeveer 230.000 m³ gas. De gemiddelde SPF factor van het systeem is 4,5. Als back-up systeem zijn de oude cv ketels blijven staan.

Ervaringen m.b.t. de operatie

Het rioolwater van CelaVita bevat soms relatief veel zand vanuit het spoelproces. Dit zand kan bezinken in de bufferkelder, waardoor verstoppingen op kunnen treden. Door het water in de kelder middels pompen 'in beweging te houden', wordt dit voorkomen. De warmtewisselaar wordt geregeld met een hoge flow gespoeld, waardoor de warmteoverdrachtcapaciteit verhoogd wordt. Dit gebeurt één keer per week.

Factsheet Vellesan College, Velsen

Algemene Eigenschappen

Locatie	: Vellesan College, Velsen
Eigenaar	: Dunamare Onderwijsgroep
Ontwerp	: Syntraal BV
Aanleg	: 2017
Beheer	: Technische Dienst Dunamare Onderwijsgroep

Operationeel sinds	: 2017
Aanlegkosten ¹	: Warmtepompen € 81.200,=, incl. ISDE €12.800,=, te weten de kosten de warmtepompen, de aansluiting op de warmtewisselaar en de aanpassingen van het verwarmingssysteem van de school. De kosten voor de warmtewisselaar en de realisatiekosten hiervan zijn buiten beschouwing gelaten; die zijn door de gemeente verdisconteerd in het rioolrenovatieproject.

B&O-kosten ¹	: Nihil
-------------------------	---------



Technische eigenschappen

Energieopbrengst	: Rioolwarmtewisselaar 65 kW, warmtepomp 65 kW
Delta T	: 1 tot 2 °C
Debiet systeem	: (ontwerp, minimaal, maximaal)
Operationeel sinds	: 2017
Systeembeschrijving	
• Bron	: Vrijverval riool, bestaande uit 66 m Frank GmbH warmtewisselaar, Ø 1.100. De lengte van 66 m is praktisch ingegeven vanuit het feit dat de afstand tussen de rioolkolken 66 m bedroeg. Uit de praktijk blijkt inmiddels dat er sprake is van overcapaciteit
• WKO	: Niet toegepast
• Warmtepomp	: Tweemaal Nibe F1345
• Piek- en backup	: Bestaande gasketels



Componenten

Warmtewisselaar	: Frank PKS Thermpipe DN1100
Pomp	: Nibe F1345
Werking wisselaar	: Toegepast in vrijverval riool. Dit riool ligt grotendeels in het grondwater, waardoor de wisselaar ook als bodemwisselaar functioneert
Filterprincipe	: Geen

¹ Kosten zijn exclusief BTW

Opmerkingen / ervaringen

Opmerkingen m.b.t. ontwerpkeuze

Het Vellesan College in Nederland is de eerste school in Nederland die wordt verwarmd en gekoeld door middel van riothermie. De koeling is weliswaar passief uitgevoerd, waarbij de warmtepomp wordt benut om het koudere water van circa 17 °C uit de warmtewisselaar rechtstreeks naar de vloerverwarming te brengen. Op de manier wordt warmte via de vloerverwarming afgevoerd. Sinds eind 2017 is dit riothermiesysteem operationeel.

De nieuwbouwwleugel van de middelbare school met een BVO (Bruto Vloer Oppervlak van 1.500 m²) wordt gasloos verwarmd. Verwarming vindt plaats via uit afvalwater gewonnen warmte van een nabijgelegen vrijval riool. Omdat het riool grotendeels in het grondwater ligt, stijgt de temperatuur van het water in het riool in de zomer relatief beperkt en wordt het systeem ook gebruikt om passief te koelen; warmte wordt in de zomerperiode door het vloerverwarmingssysteem afgevoerd. De toegepaste rioolwarmtewisselaar is van de Duitse fabrikant Frank GmbH; een PE-buis, waarbij de warmtewisselaar als een spiraal om de rioolbuis is gewikkeld. De rioolwarmtewisselaar heeft een diameter van 1.100 mm, een lengte van 66 meter en bestaat uit 11 delen van 6 meter lang. De school bespaart voor de nieuwbouw per jaar ongeveer 13.000 m³ gas. In onderstaande tabel zijn de resultaten van het riothermiesysteem in 2018 samengevat.

Resultaten riothermiesysteem Vellesan College 2018

	Waarde
Geleverde energie	125.515 kWh
SPF (inclusief zomervakantie)	3,5 (71 % van de geleverde energie is afkomstig uit riool)
SPF (exclusief zomervakantie)	3,9 (74 % van de geleverde energie is afkomstig uit riool)
Vermeden gasverbruik	14.277 m ³
Vermeden CO ₂ uitstoot	25.484 – 8.903 kg (grijs versus groen stroom verbruik)
Geleverde energie bron in koelen	2.723 kWh
Maximale koelvermogen	3,0 kW
Elektraverbruik	31.523 kWh

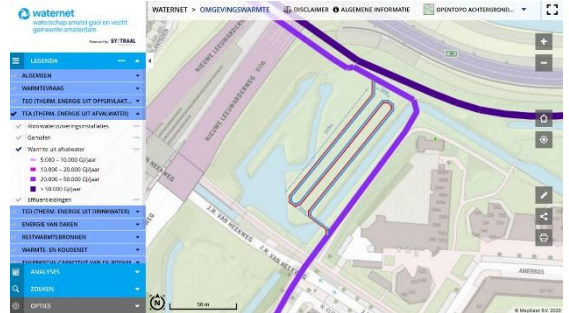
Ervaringen m.b.t. de operatie

Doordat de wisselaar in segmenten is aangeleverd, is er voor gekozen om alle segmenten apart aan te sturen. Dit betekent dat een verzamelput is aangebracht, waarin alle koelleidingen van de 11 segmenten samen komen en van daaruit in een verzamelleiding naar de school / naar de warmtepomp gaan. Dit heeft als voordeel dat gevarieerd kan worden in de benodigde lengte warmtewisselaar, maar heeft als gevolg dat het verdeelwerk in de verzamelput de nodige aandacht vergt qua constructie en inregeling.

Factsheet Buikslotermeer, Amsterdam

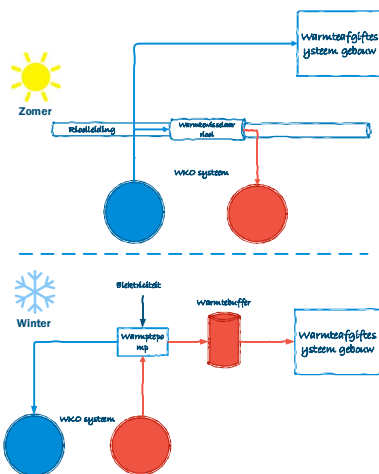
Algemene Eigenschappen

Locatie	: Buikslotermeer, Amsterdam
Eigenaar	: Waternet Amsterdam
Ontwerp	: Syntraal BV, Doorgeest Energie Techniek
Aanleg	: Vanaf 2021
Beheer	: Firan en Woningcorporatie De Key
Operationeel sinds	: Vanaf 2021
Aanlegkosten	: € 1.140.000,00, te weten de kosten voor aanleg en realisatie van de warmtewisselaar, de warmtepompen en de aansluiting op het warmtesysteem van de appartementencomplexen
B&O-kosten	: € 10.000,00 (geraamd)



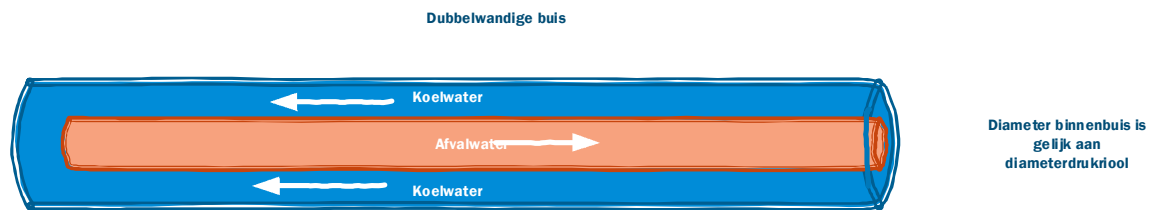
Technische eigenschappen

Energieopbrengst	: Rioolwarmtewisselaar 670 kW bij 12 graden – 2130 kW bij 24 graden
Delta T	: 6 graden
Debiet systeem	: 80 l/sec.
Operationeel sinds	: in voorbereiding
Systeembeschrijving	<ul style="list-style-type: none"> • Bron : Dubbelwandige RVS warmtewisselaar, al bypass geplaatst. Lengte 300 m, diameter 600 mm • WKO : Eén doublet, 250 m³. Warme bron 12 graden, koude bron 6 graden. • Warmtepomp : 3.350 kW • Piekvoorziening : Middels gasketels



Componenten

- Warmtewisselaar : Dubbelwandige RVS warmtewisselaar, ontworpen door Doorgeest Energie Techniek
- Pomp : n.t.b.
- Werking wisselaar : Door de zogenaamde buis-in-buis-constructie stroomt het rioolwater door de binnenste buis 'via een zogenaamde bypass constructie weer naar het hoofdriool. De tegenstroom door de buitenste buis de koelvloeistof zorgt voor opname van warmte uit het rioolwater.



- Filterprincipe : Door de hoge(re) snelheid van het water in de bypass treedt er nauwelijks vervuiling op. Om die reden is geen filterprincipe toegepast.

Opmerkingen / ervaringen

Opmerkingen m.b.t. ontwerpkeuze

In opdracht van Waternet heeft Syntraal in samenwerking met Doorgeest Energie Techniek gewerkt aan het voorlopig ontwerp van een rioolwarmtewisselaar voor een bronnet in Buikslotermeer, Amsterdam Noord. Doel is om middels dit bronnet bijna 900 bestaande woningen in 8 flatgebouwen van 4 tot 12 verdiepingen van warmte te voorzien (870 VHE). De warmtepompen worden in een cascadeopstelling per gebouw gezet. In totaal is berekend wat de gevraagde vermogens zijn:

Gelijktijdig vermogen	Vermogen output Warmtepomp	Aansluitvermogen o.b.v. COP = 4	Gelijktijdig vermogen WKO
5.375	3.333	2.500	2.022

De rioolwarmtewisselaar zoals die berekend is, kan in potentie 11,29 miljoen kWh aan energie leveren, terwijl de benodigde vraag voor de beoogde appartementencomplexen 8,04 miljoen kWh bedraagt. Daarmee is er in potentie 3,25 miljoen kWh energie beschikbaar voor uitbreiding van warmtelevering naar andere delen van de wijk.

Ervaringen m.b.t. de operatie

Voor het ontwerp van de rioolwarmtewisselaar is uitgegaan van een bypass-constructie. Doordat de binnendiameter van de rioolwarmtewisselaar gelijk is gesteld aan de diameter van het drukriool, kan middels kleppen de sturing van het rioolwater geregeld worden. Op deze manier wordt voorkomen dat de doorstroming van het (hoofd)riool negatief wordt beïnvloed. In geval van onderhoud kan de

bypass afgesloten worden en kan het water via de normale weg worden afgevoerd. Hiermee is de afvoer van afvalwater en daarmee het functioneren van het rioolsysteem gewaarborgd. Een punt van aandacht bij de detailengineering is nog wel of er effecten van het transport via de bypass te verwachten zijn op het gemaal (mogelijk iets grotere drukval door de extra bochten van de rioolwarmtewisselaar) en of hier eventuele aanpassingen in het gemaal voor gedaan moeten worden.

Er is nog wel een WKO voorzien, maar de verwachting is dat deze weinig hoeft te worden benut. De WKO heeft in eerste instantie min of meer een backup-functie, omdat de verwachting is dat ook in de wintermaanden voldoende warmte met een acceptabele COP door de rioolwarmtewisselaar gewonnen kan worden. Daarnaast biedt de WKO potentie voor uitbreiding van het systeem in de toekomst. Als de afzet kan worden vergroot door meerdere aansluitingen te genereren, zou de WKO in de zomer (extra) geladen kunnen worden, om in de winterperiode als extra 'batterij' te kunnen fungeren.

Ervaringen in Duitsland

Project Stuttgart Neckarpark, Quartier verwarming en koeling met energie uit afvalwater

Algemene gegevens

Opdrachtgever	: Stadtwerke Stuttgart
Locatie	: Duitsland, Stuttgart, Baden-Württemberg, 635.000 Inwoners
Bouwprojecten	: Wijk met woningen en commerciële voorzieningen , 22 ha

Riothermiesysteem

ThermLiner	: Type A
Lengte wisselaar	: 300 m
Kanaal	: Boxprofiel 2400
Droogweerafvoer	: 170 l/s
Thermische vermogen	: 2.100 kW
Transport medium	: Water met 20% Glycol admixture

Energieconcept

Multivalent systeem	: afvalwaterwarmte als basislast, daarnaast een WKK
---------------------	---

Elektriciteit voor warmtepomp: Proportioneel boven PV in de wijk



Project Wangen, uitbreiding warmtenet 2019, verwarming en koeling met energie uit afvalwater

Algemene gegevens

Opdrachtgever	: Stadtwerke Wangen
Locatie	: Duitsland, Wangen im Allgäu, 88.000 inwoners
Bouwproject	: Afvalwarmte toevoeren in een bestaand warmtenet

Riothermiesysteem

ThermLiner	: Type B
Lengte wisselaar	: 250 m
Kanaal	: Cirkelprofiel DN 1900
Droogwaterafvoer	: 50 l/s
Thermisch vermogen	: 400 kW
Transport medium	: Water met 20% Glycol admixture



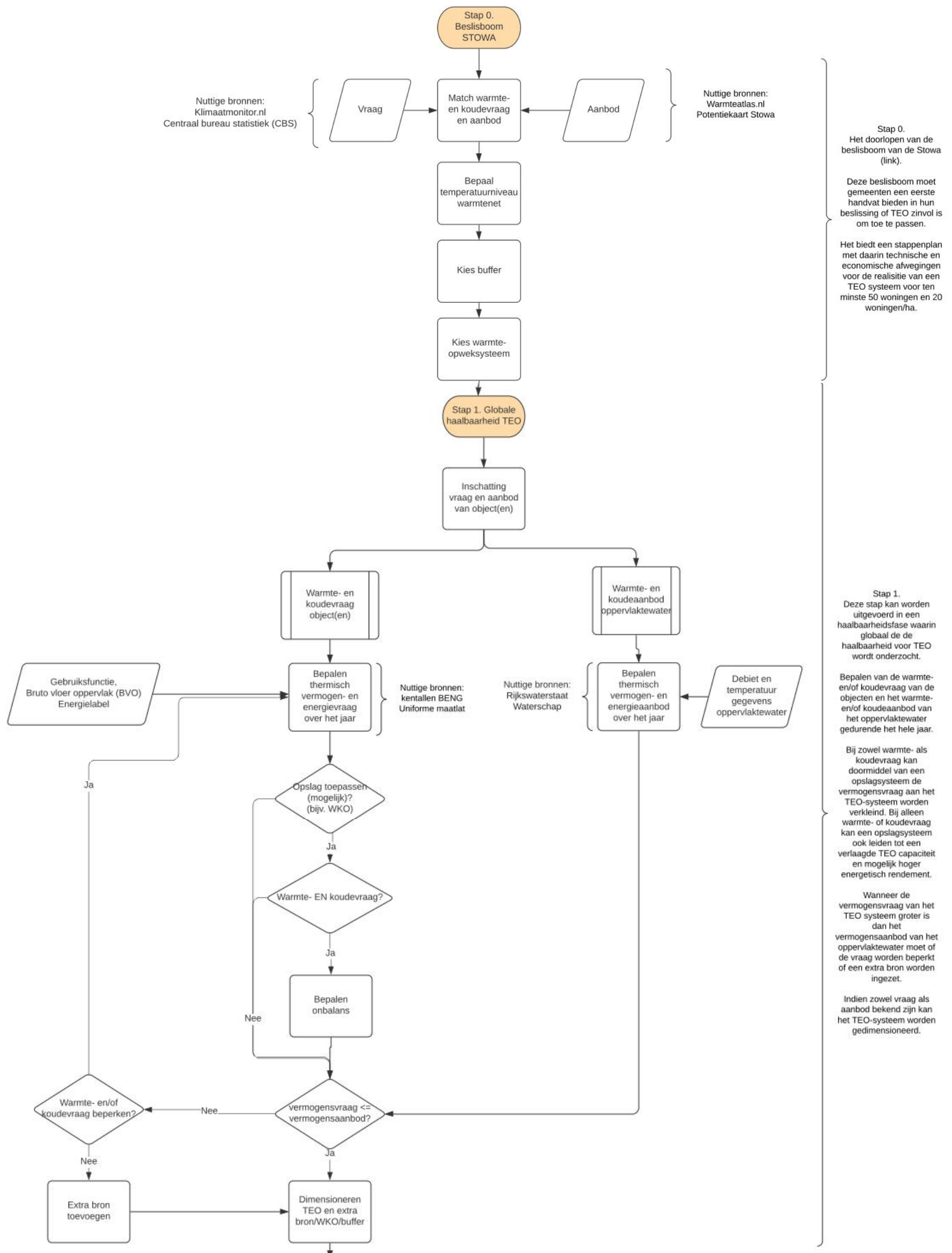
Energie concept

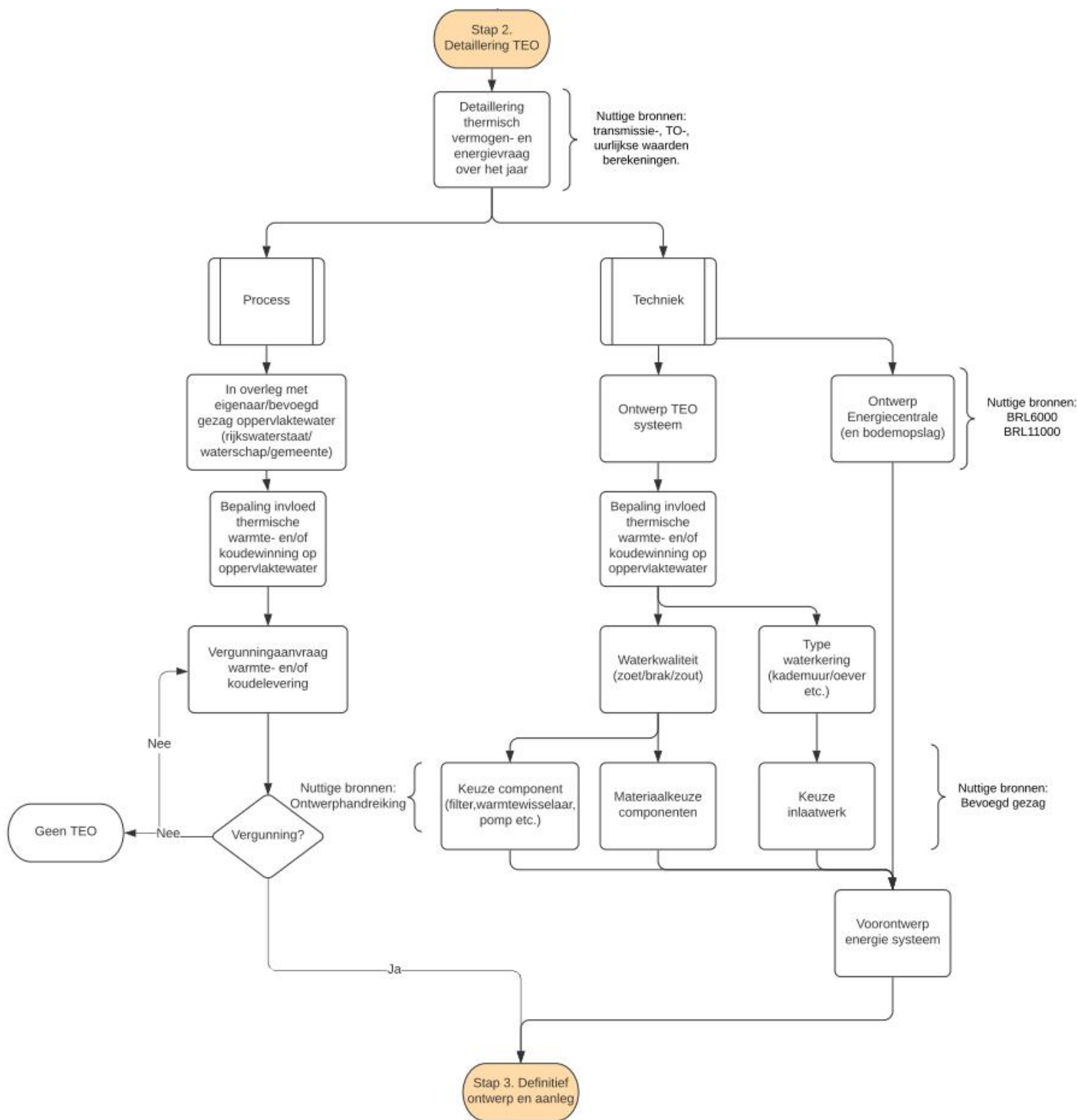
Houtsnippers : 2 x 1.000 kW, VL/RL 85/55 °C
Warmtepomp afvalwater: : fase 1: 300 kW, VL/RL 62/55 °C
Warmtepomp afvalwater: : fase 2: 300 kW, VL/RL 68/62 °C
WKK : fase 3: 300 kWth, VL/RL 75/68 °C
Pieklast gas/olie : 3.500 kW, VL/RL 85/55 °C

Contact

Stephan von Bothmer
UHRIG Energie GmbH, Am Roten Kreuz 2, 78187 Geisingen
T +49 7704 806-48, E s.bothmer@uhrig-bau.de, I www.uhrig-bau.de

Bijlage 5 : Beslisboom TEO





Stap 2.
In deze stap wordt het TEO systeem verder gedetailleerd om tot een voorontwerp te komen.

De globale warmte- en/of koude vraag kan met behulp van transmissie-, TO-, uurlijkse waarden berekeningen project specifiek worden gemaakt.

Het warmte en koude opwekking systeem kan vervolgens technisch ontworpen worden.

Niet alleen het TEO systeem maar ook bijbehorende energiecentrale en (indien van toepassing) het opslagsysteem.

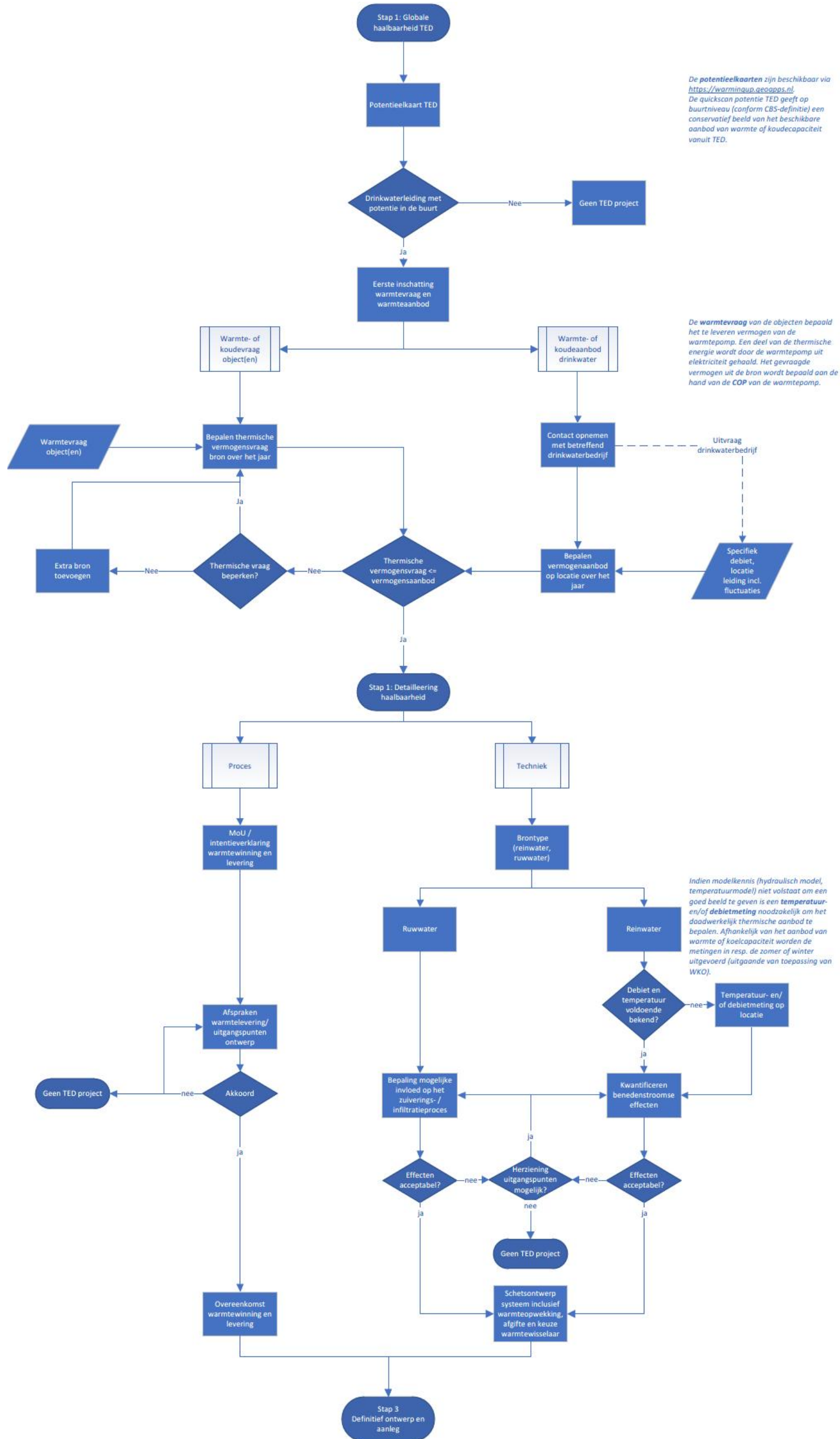
Voor het TEO systeem worden de thermische effecten van warmte- en/of koudewinning op het oppervlaktewater bepaald. Hiermee kan o.a. de afstand tussen de in- en uitlaat worden bepaald.

Aan de hand van de waterkwaliteit en het type waterkering worden de systeem eigenschappen en componenten gekozen.

Parallel aan het technisch ontwerp wordt er procesmatig in overleg met het eigenaar/bevoegd gezag van het oppervlakte water de benodigde vergunningen aangevraagd.

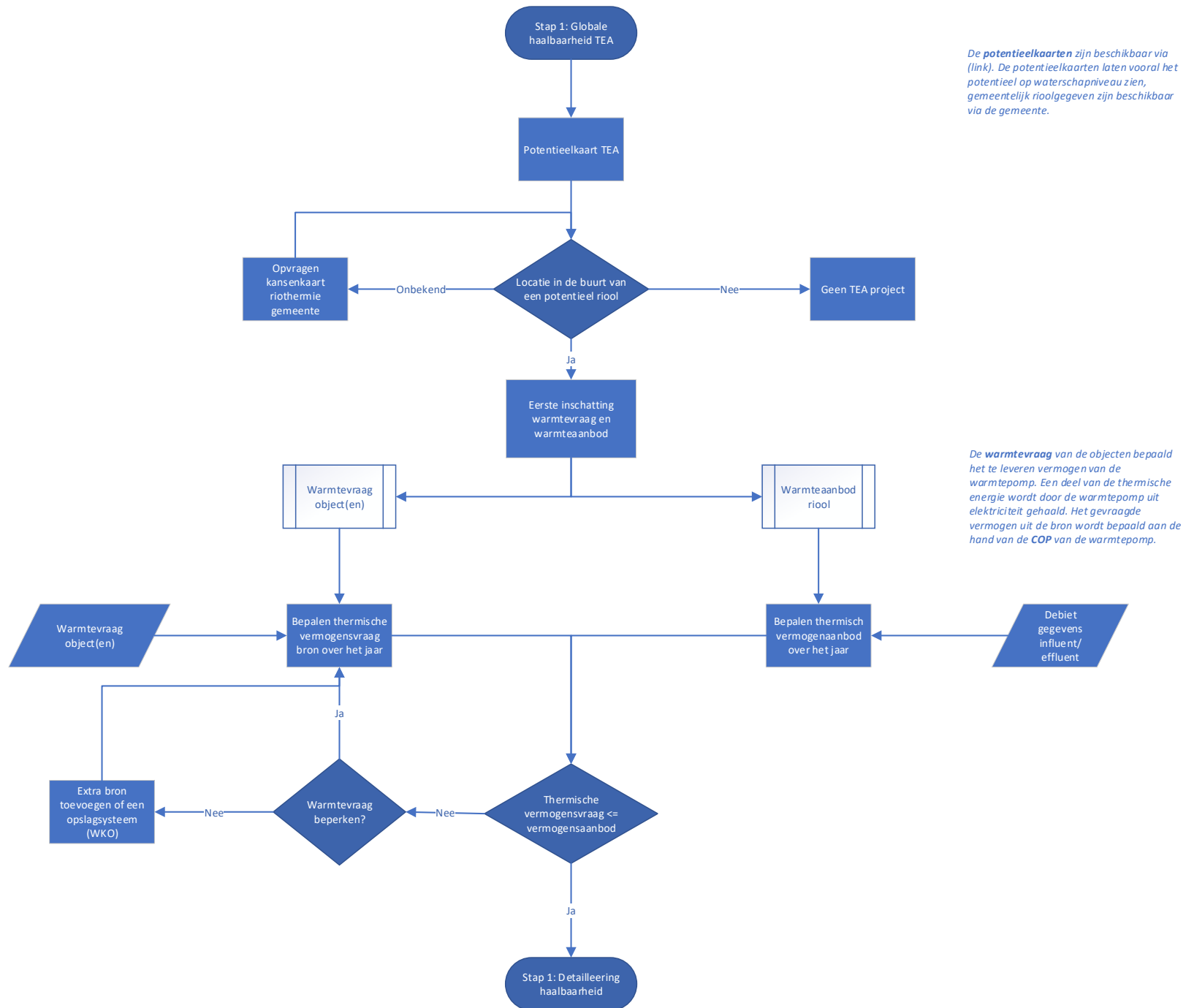
Nadat de vergunningen zijn verleend kan het TEO systeem definitief worden ontworpen en aangelegd

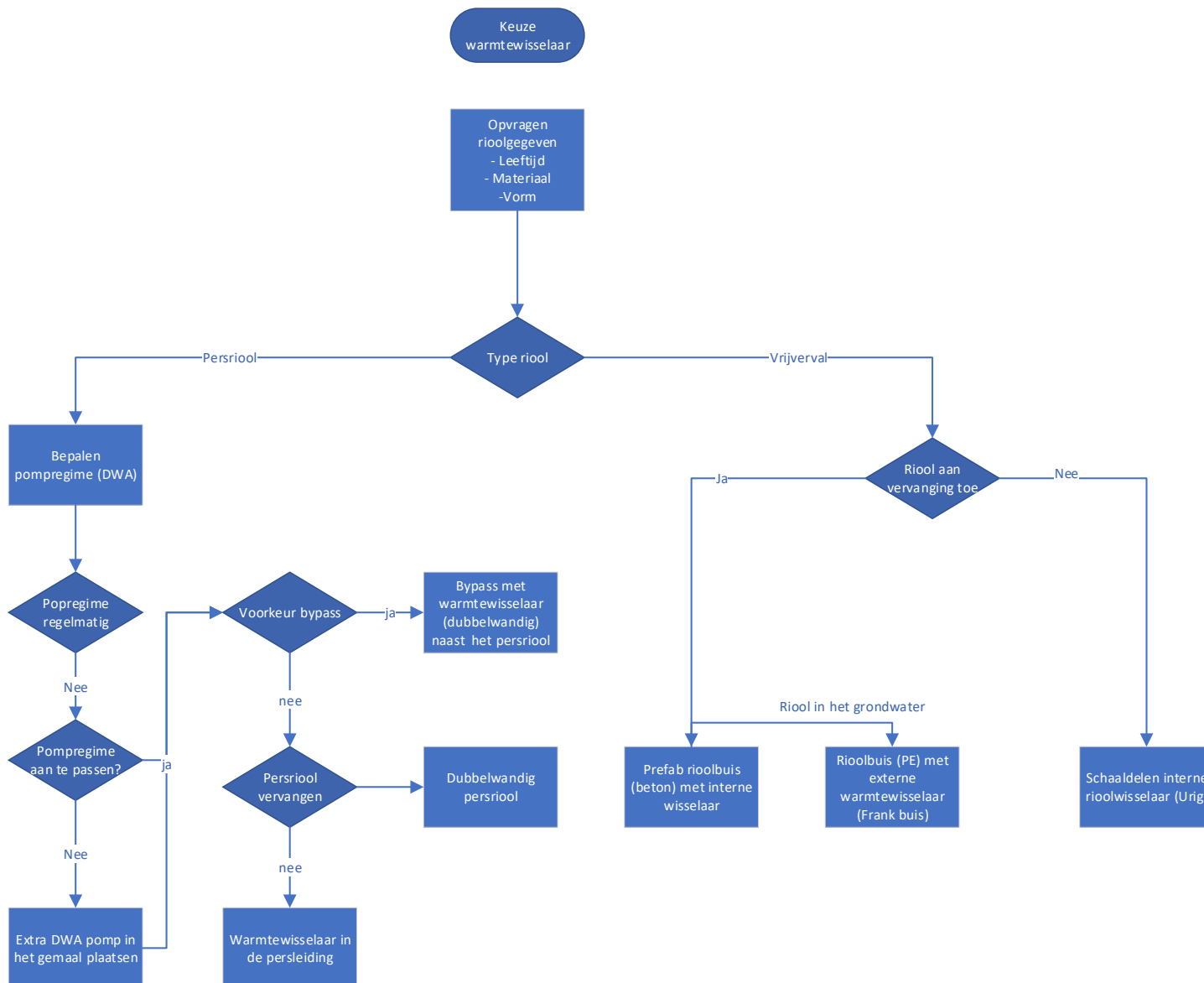
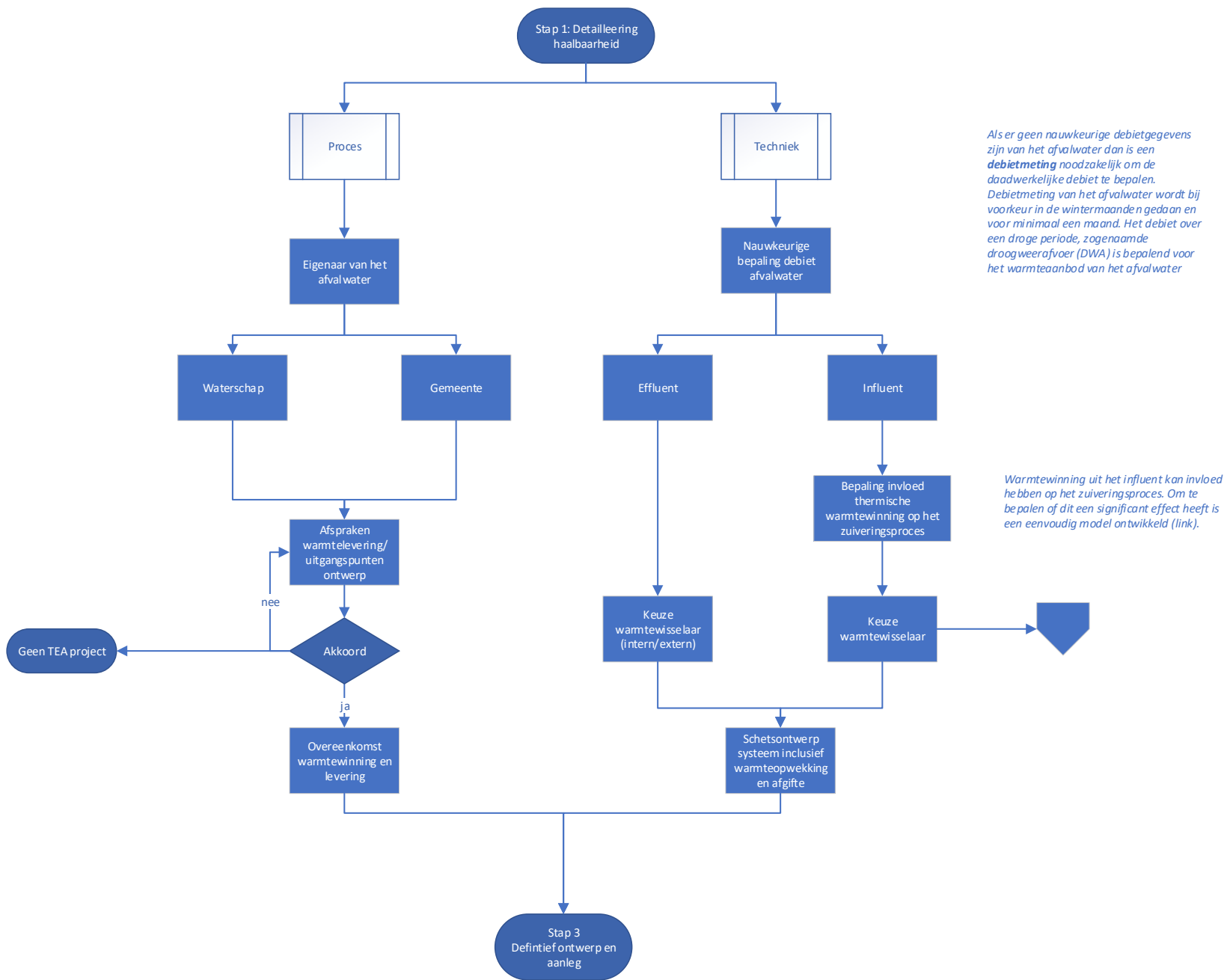
Bijlage 6 : Beslisboom TED



Bijlage 7 : Beslisboom TEA

Beslisboom TEA project





Adres

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht

Postadres

Postbus 80015
3508 TA Utrecht

Telefoon

088 866 42 56

E-mail

contact@warmingup.info

Website

www.warmingup.info